Aus der Kinderklinik der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. J. R. Bierich

DIE BEDEUTUNG DER ECHOENCEPHALOGRAPHIE BEI KINDERN NACH EINFÜHRUNG DER COMPUTERTOMOGRAPHIE

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
THOMAS LAGGER
aus Kirchheim/Teck

1978

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41536519_0071

Dekan: Professor Dr. H.-E. Hoffmeister

Berichterstatter: Professor Dr. R. Michaelis

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

SOFORTDRUCK H. G. VOGLER TÜBINGEN

Inhalt

I) Einleitung 2
A) Allgemeines 2
B) Darstellung der Echoencephalographie und Computertomographie 4
1) Entwicklung der Echoencephalographie 4
2) Prinzip und Technik der Echoencephalographie 6
3) Prinzip und Technik der Computertomographie 11

II) Problemstellung 15

III) Material und Methode 17

IV) Ergebnisse 19
A) Ergebnisse echoencephalographischer Untersuchungen 19
1) Ergebnisse des Gesamtkollektivs 19
2) Ergebnisse eines Einzelkollektivs 29
3) Ergebnisse eines Kollektivs mit EchoEG- und CT-Diagnostik 32
B) Ergebnisse computertomographischer Untersuchungen 37
C) Vergleich echoencephalographischer und computertomographischer Befunde 38

V) Diskussion 44
A) Zusammenfassung der Ergebnisse 44
B) Diskussion der Ergebnisse aus IV) A) 46
C) Diskussion der Ergebnisse aus IV) B) und IV) A) 3) g) 54
D) Diskussion der Ergebnisse aus IV) C) 55
E) Konsequenzen für die Anwendung beider Untersuchungsmethoden 6o

VI) Zusammenfassung 62

VII) Literatur 63

I) Einleitung

A) Allgemeines

Zum Nachweis hirnpathologischer Veränderungen werden neben der Echoencephalographie (EchoEG) und der Computertomographie (CT) folgende technische Verfahren verwendet: a) Pneumencephalographie, b) Elektroencephalographie, c) Szintigraphie, d) Diaphanoskopie, e) Angiographie und f) Röntgennativdiagnostik. Trotz ihrer Einfachheit - nur die Diaphanoskopie erfordert einen geringeren apparativen und klinischen Aufwand - liefert die EchoEG in der Hand des geübten Untersuchers ein hohes Maß an Information. Ihre hohe Zuverlässigkeit im klinischen Routinegebrauch wird von zahlreichen Autoren bestätigt (Schiefer et al. 1966a, 1966b, Schiefer et al. 1963, Kazner et al. 1966a, 1966b, Lapayowker et al. 1965, Jeppsson 1961, Jefferson 1962, Lithander 1961). Die Computertomographie wird von einigen Autoren als diejenige Methode bezeichnet, die die meisten Informationen liefert (Paxton et al. 1974, Baker et al. 1974, New et al. 1974, Müller et al. 1974, Lindgren 1975, Collard et al. 1975, Kazner et al. 1975). Die neurologische Diagnostik hat sich seit ihrer Einführung stark gewandelt. So sehen Kazner et al. 1976 für die Pneumencephalographie keine und für die Angiographie nur noch eine stark eingeschränkte Indikation. New et al. 1974 verwenden die Pneumencephalographie nur noch bei Verdacht auf einen leichten Verschlußhydrocephalus. Jedoch kommt der Pneumencephalographie bei der Diagnostik basaler Hirntumoren nach wie vor eine wichtige Bedeutung zu. Der große Erfolg der Computertomographie in der neurologischen Diagnostik der letzten Jahre liegt in ihrem hohen Informationsgehalt, ihrer ambulanten Durchführbarkeit (im Gegensatz zu a) und e)) und in ihrem nicht invasiven Charakter (im Gegensatz zu a) und e) begründet. Hinzu kommt die verhältnismäßig geringe Strahlenbelastung; sie beträgt nach Perry et al. 1973 pro Doppelschicht durchschnittlich 2 mR, die Gonadendosis sogar nur o,1 mR für eine vollständige Unter-

suchung. Hill 1974 gibt die Strahlenbelastung der Haut bei einer unilateralen Karotisangiographie mit 1o - 15 mR und bei einer Pneumencephalographie mit 15 - 21 mR an. Im Vergleich dazu beträgt die Strahlenbelastung bei einer Schädelaufnahme in zwei Ebenen 15 mR (Oberflächendosis). Nachteilig wirken sich im Vergleich zur EchoEG die hohen Anschaffungs- (in Millionenhöhe) und Untersuchungskosten (ca. DM 2oo - 4oo) sowie die zwar geringe, aber doch immerhin vorhandene Strahlenbelastung aus. Dagegen gelten die bei der EchoEG angewandten Ultraschallintensitäten (1 - 5 mW/cm^2) als absolut ungefährlich (Jeppsson 1961, Gordon 1959, Tayler et al. 1961, Donald et al. 1958). Die EchoEG ist beliebig wiederholbar, da Summationseffekte wie bei Röntgenstrahlen nicht auftreten (Pia und Geletneky 1968). Von Bedeutung ist aber auch die Tatsache, daß nur sehr wenige Krankenhäuser einen Computertomographen zur Verfügung haben und so den Patienten lange Anfahrtswege zugemutet werden müssen.

In der Literatur sind vergleichende Arbeiten von Echoencephalographie und Computertomographie sehr spärlich (Jerva et al. 1975, Hanson et al. 1975, Gawler et al. 1976). Eine Arbeit, die speziell auf Kinder ausgerichtet ist, konnte trotz umfangreichen Literaturstudiums nicht gefunden werden. Die Kombination der EchoEG mit einem oder mehreren der oben aufgeführten Verfahren ist jedoch häufig untersucht worden. So konnte Planiol 1967 mit der Kombination EchoEG-Szintigraphie in einer Untersuchung an 262 Patienten 94% der supratentoriellen Tumoren nachweisen. Günstig für die Diagnostik cerebraler Tumoren wird auch die Kombination EchoEG - EEG betrachtet (de Vlieger et al. 1967, de Vlieger et al. 1969, Sandok et al. 1969, Arnold et al. 1969, Persson et al. 1967). Hopmann et al. 1973 geben mit der Kombination Röntgennativdiagnostik-EEG-EchoEG-Szintigraphie in der Tumordiagnostik eine Treffsicherheit von 98,5% an. Wang 1969 und Wilcke 197o klammern in ähnlichen Arbeiten die EchoEG aus und erreichen eine Trefferquote von 95%. McAfee et al. 1961 berichten über gute Ergebnisse mit der Kombination

Szintigraphie-Angiographie-Pneumencephalographie. Auf vergleichende Arbeiten über Echoencephalographie und Pneumencephalographie wird später näher eingegangen werden.

B) Darstellung der beiden Verfahren

1) Entwicklung der Echoencephalographie

Die Grundlagen für die heutige Bedeutung des Ultraschalls in der medizinischen Diagnostik wurden bereits 1937 von Dussik gelegt und 1942 in einem grundlegenden Artikel veröffentlicht. Zu seinen Überlegungen war er angeregt worden durch die erfolgreiche Anwendung des Ultraschalls in der zerstörungsfreien Materialprüfung und in der Nautik. Sein Hyperphonographie genanntes Verfahren beruhte auf der Annahme einer charakteristischen Schwächung des durch den Schädel geleiteten Ultraschallstrahles und hat zum Ziel, durch rasterförmige Abtastung des Schädels ein Bild der Hirnkammern zu erzeugen (Dussik et al. 1947, Dussik 1948). Ballantine 195o gelang es, mit diesem von ihnen Ultrasonographie genannten Verfahren in Einzelfällen Tumoren nachzuweisen. Die Wandlung vom bis dahin geübten Durchschallungs- oder Absorptionsverfahren zum heutigen Echo-Impuls-Reflexionsverfahren wurde durch French et al. 195o, 1951 eingeleitet, die die Position von Hirnstrukturen an operativ freigelegten Gehirnen und an Leichengehirnen zu bestimmen suchten. Sie erachteten eine Beschallung des Gehirns durch die Kalotte hindurch für wenig aussichtsreich, ebenso wie Güttner et al. 1952, 1953, da die Absorption von Ultraschall in den Ventrikeln durch die Absorption in der Schädelkalotte, die zudem wegen starker lokaler Dickenschwankungen nicht konstant ist, überlagert wird. Obwohl Tanaka et al. 1952 auf erfolgreiche Durchschallungen am geschlossenen Schädel hinweisen konnten, äußerte die Amerikanische Atomenergiekommission 1955 die Ansicht, die Echoencephalographie sei in der craniocerebralen Diagnostik nicht erfolgversprechend.

Die größten Fortschritte in der Ausreifung der EchoEG zu einem diagnostischen Routineverfahren machte Leksell 1955, 1955/56, der mit dem Impuls-Reflexionsverfahren nicht nur Reflexionen von der Kalotte, sondern auch von den mittleren Hirnstrukturen erhielt und damit v.a. raumfordernde Hirnblutungen nach Schädel-Hirn-Traumen nachweisen konnte. Er prägte auch den heute gebräuchlichen Begriff: Echoencephalographie. In der Folgezeit rückte die Darstellung der Ventrikel in den Vordergrund. Auf die diagnostische Verwertbarkeit der von den Wänden des 3. Ventrikels stammenden Echos wiesen v.a. Lithander 1961, Jefferson 1962, de Vlieger et al. 1959 sowie Gordon 1959 hin. Ter Braak et al. 1961 gaben eine Methode zur Identifizierung der Seitenventrikel an. Bedeutende Beiträge zur Echoencephalographie lieferten im deutschen Schrifttum u.a. Schiefer, Kazner, Geletneky, Pia und Jakobi.

Auf die zweidimensionale EchoEG (B-Scan) und das weitverzweigte Anwendungsgebiet des Ultraschalls in der Onkologie, Kardiologie, Ophthalmologie und Gynäkologie soll hier nicht näher eingegangen werden.

Der Vollständigkeit halber seien noch zwei echoencephalographische Spezialverfahren erwähnt: die Duraechoencephalographie, die ein Aufsetzen des Prüfkopfes auf die dura mater erfordert (Dyck et al. 1956, Sugar et al. 1964), und die pharyngeale EchoEG, bei der mittels Beschallung von der Rachenhinterwand aus in Einzelfällen Kleinhirntumoren nachgewiesen werden können.

2) Prinzip und Technik der Echoencephalographie

Ausführliche Darstellungen der EchoEG finden sich in den Lehrbüchern von Schiefer und Kazner 1967, Pia und Geletneky 1968 sowie Lahoda und Lund 1971. Im Rahmen dieser Arbeit soll lediglich ein gedrängter Überblick gegeben werden.

Unter Ultraschall versteht man mechanische, d.h. in ihrer Ausbreitung an Materie gebundene Wellen von 2o kHz bis 1 GHz. Die Erzeugung derartiger Schwingungen kann mechanisch (Galtonpfeife), magnetostriktiv (Magnet im Wechselfeld einer Spule) oder piezoelektrisch erfolgen. Der piezoelektrische Effekt - nur er wird in der medizinischen Diagnostik verwandt - ermöglicht bei bestimmten Kristallen, wie z.B. Bariumtitanat, Turmalin oder Quarz, die direkte Umwandlung elektrischer Wechselspannung in mechanische Schwingungen und umgekehrt. Dazu wird die Frequenz der am Kristall angelegten Wechselspannung so gewählt, daß sie der Eigenfrequenz des Kristalles entspricht (Resonanz). Die Umkehrbarkeit des Effektes ermöglicht die Verwendung eines Kristalls sowohl als Sender wie auch als Empfänger. Da die hohe Frequenz des Ultraschalls Reflexion und Beugung gegenüber der Absorption zurücktreten läßt, ist die Erzeugung eines enggebündelten Strahles möglich. Dieser ist Voraussetzung für detaillierte Informationen aus der Tiefe des zu untersuchenden Gewebes.

Man unterscheidet drei Untersuchungsverfahren:

Ultraschall Resonanzverfahren

Bei diesem in der Medizin nicht verwandten Verfahren wird der zu untersuchende Gegenstand zu Eigenschwingungen angeregt. Aus der Eigenfrequenz läßt sich die Wandstärke berechnen.

Durchschallungsverfahren

Der zu prüfende Gegenstand befindet sich zwischen Sender und Empfänger und wird vom Ultraschall durchsetzt. Der Empfänger registriert sowohl Änderungen der Schallintensität als auch der Laufzeit und ermöglicht so Rückschlüsse auf

Strukturänderungen im Prüfkörper. Anwendungsgebiete sind die Werkstoffprüfung in der Technik und die Bestimmung des sogenannten theoretischen Mittelechos am Schädel.

Echo-Impuls-Reflexionsverfahren

Hier sind Sender und Empfänger im Prüfkopf integriert. Das Verfahren basiert auf der Reflexion des Ultraschalls an der Grenzfläche zweier Medien mit unterschiedlicher Schalleitungsgeschwindigkeit; diese ist umgekehrt proportional zum Schallwiderstand (akustische Impedanz). Infrage kommen v.a. die Grenzflächen: Knochen/Liquor, Hirngewebe/Liquor, dura bzw. falx cerebri/Liquor, Hirngewebe/Cystenflüssigkeit, Hirngewebe/Tumorgewebe. Dabei ist die Schallgeschwindigkeitsdifferenz an der Grenze Hirngewebe/Liquor mit 3o m/sec groß genug, um eine deutliche Reflexion zu erzeugen. Von entscheidender Bedeutung für die Verwertbarkeit einer Reflexion (Echo) ist der Einfallswinkel des Ultraschallstrahles, der nicht mehr als 5 - 1o° von der Senkrechten abweichen sollte. Andernfalls wird der Empfänger vom Echo nicht erreicht. Die reflektierte Energie wird im Empfänger piezoelektrisch umgewandelt und kommt auf einem Oszillographen zur Darstellung. Eine Abweichung des Strahles um 5° von der Senkrechten bewirkt bereits eine Reduktion der am Prüfkopf ankommenden Energie um 5o%.

Die Beschallung kann von einer wie auch von zwei Seiten vorgenommen werden. Dabei geht man zunächst von der Temporalschuppe über der Ohrmuschel aus und variiert dann die Lage des Schallkopfes je nach Fragestellung. Auf einem Routine-EchoEG kommen folgende Echos zur Darstellung:

Das Initialecho entsteht durch einen Überlagerungseffekt des Sendeimpulses und ist durch Reflexionen hervorgerufen, die in den äußeren Schädelweichteilen und im Schädelknochen erzeugt werden.

Das Endecho wird durch die dura mater bzw. die Innenseite der gegenüberliegenden Schädelkalotte gebildet.

Das Mittelecho ist wohl die wichtigste und nach wie vor

am häufigsten bestimmte Reflexion im Gehirn. Seine Entstehung war und ist Fragestellung zahlreicher Publikationen. Beteiligt ist das corpus pineale, das septum pellucidum, der Interhemisphärenspalt, die falx cerebri und der 3. Ventrikel (Leksell 1958, Jeppsson 196o, Jeppsson 1961, Gordon 1958, Gordon 1959, de Vlieger et al. 1959, Lithander 1961, Jefferson 1963).

Weitere Echos lassen sich im Routine-EchoEG von den Wänden der Temporalhörner und der Seitenventrikel ableiten. Pathologische Veränderungen im Gehirn können von Lage, Größe und Art abhängige Veränderungen im EchoEG nach sich ziehen. Sie sind nachfolgend kurz aufgeführt:

Tumor: Tumorechos, Mittelechoverschiebung (kontralateral), Ventrikelerweiterung;

Cyste: echofreier Raum, Mittelechoverschiebung (kontralateral), Wandechos der Cyste;

Atrophie: Ventrikelerweiterung, Mittelechoverschiebung (homolateral), Außenzacken;

Hämatom, Blutung, Hygrom: Mittelechoverschiebung (kontralateral), direkte Echos;

Ödem: sofern einseitig, dann Mittelechoverschiebung (kontralateral);

Hydrocephalus: Ventrikelerweiterung.

Eine echoencephalographische Untersuchung umfaßt an der Universitätskinderklinik Tübingen normalerweise folgende Größen: Weite des 3. Ventrikels, Lage des Mittelechos hochparietal und basal, Seitenventrikel im Bereich der pars centralis (CMI) bzw. des Temporalhorns (HMI).

Abbildung 1 zeigt die bei einer Routineuntersuchung beschallten Ventrikelanteile und die hierzu nötigen Positionen des Schallkopfes. Abbildung 2 verdeutlicht anhand eines Transversalschnittes die Entstehung der verschiedenen Echozacken auf dem Oszillographen. Ihr Abstand voneinander ermöglicht die Berechnung zweier Indices. Der Hirnmantelindex (HMI) ist ein Maß für die Ventrikelweite im Temporalhorn. Er gilt bis 2,1 als unauffällig, ab 2,3 als

pathologisch (Schiefer et al. 1965). Der Cella-media-Index (CMI) ist ein Maß für die Ventrikelweite in der pars centralis. Die Normalwerte liegen bei ≥4,1, pathologische Werte unterhalb 3,8 (Kazner et al. 1973). Er wird für die beiden Hemisphären berechnet, im Gegensatz zum HMI, dessen Bestimmung für rechts und links getrennt erfolgt.

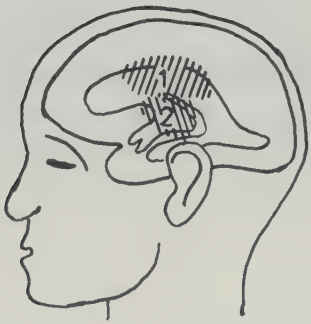


Abb.1: Darstellung der routinemäßig beschallten Ventrikelanteile und der hierzu nötigen Positionen des Schallkopfes.

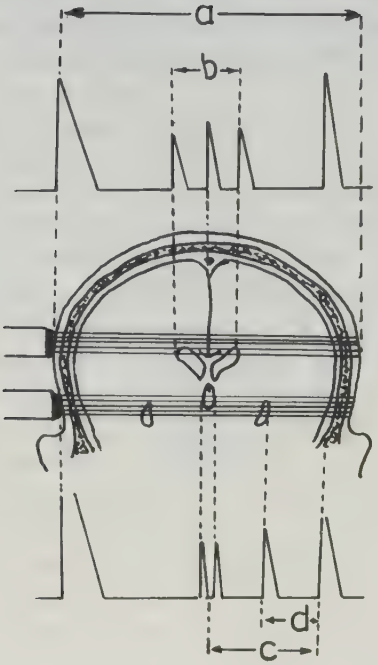


Abb.2: Schematische Darstellung der Entstehung der verschiedenen Echozacken samt Definition von HMI und CMI. (Modifiziert nach W.Schiefer und E.Kazner: Klinische Echoencephalographie, Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 1. Aufl. 1967, S.4o Abb.36).

3. Prinzip und Technik der Computertomographie

Die Computertomographie wurde 1969 von G.N. Hounsfield entwickelt. Es handelte sich dabei ursprünglich um eine röntgenologische Schichtaufnahme des Gehirns, welche mit Hilfe eines Computers ausgewertet wurde. Inzwischen hat sich das Anwendungsgebiet auf den gesamten Körper ausgedehnt.

Das Prinzip der Röntgenphotographie ist bei der Computertomographie verlassen, da die stark schattengebende Struktur des Schädelknochens alle Strukturen im Innern überdeckt. Der Kopf wird je nach Größe in 6 - 8 axiale Schichten von je 1o mm Dicke unterteilt. Zwei dieser Schichten können bei jeweils einem Lauf der Röntgenröhre entlang der Seite des Schädels gleichzeitig "geröngt" werden. Die angegebenen Werte beziehen sich auf den Siretom 1 der Siemens AG. Pro Schicht werden dabei 4oo Dichtemessungen von gegenüberliegenden Rezeptoren vorgenommen. Nach jedem Lauf schwenkt die Scanner Anlage um $1{,}3^{\circ}$ in der Orbito-Meatal-Ebene, bis sie um $18o^{\circ}$ rotiert ist. Der Computer läßt dann in einer kurzen Pause 72 ooo Gleichungen (18o x 4oo) von den Gewebedichtemessungen. Als Ergebnis entsteht eine 128 x 128 Matrix, die die Strahlenabsorptionswerte von 16 384 Gewebsblöcken von je 1,9 x 1,9 x 1o mm beinhaltet. Es kann dreifach widergegeben werden: als Schwarzweiß- oder Farbbild auf einem Monitor, als Polaroidbild und als Zahlenausdruck der Absorptionswerte. In derselben Weise werden die nächsten Schichten untersucht.

Die Abbildungen 3 und 4 verdeutlichen das Funktionsprinzip der Computertomographie.

Für die Gewebeabsorptionswerte hat Hounsfield eine Zahlenskala festgelegt, die auf der prozentualen Abweichung der Absorptionswerte vom entsprechenden Wert des Wassers beruht. Demnach ist der Absorptionswert zu Wasser = O, für Luft - 1oo%, für Knochen + 1oo%. Wegen der geringen im Schädelinnern auftretenden Absorptionsdifferenzen kann die Skala noch um den Faktor 5 auf $\pm$ 5oo gedehnt werden.

Das Verfahren wird häufig mit der Gabe von Kontrastmitteln kombiniert, um so die Darstellung pathologischer Veränderungen (v.a. Tumoren) zu verbessern oder gar erst zu ermöglichen, oder um eine Artdiagnose (z.B. Gefäßmißbildung) zu stellen.

Während die Ultraschallgeräte weitgehend ausgereift sind und nur noch kleinere technische Veränderungen erfahren, werden die Computertomographen laufend in erheblichem Maße verbessert. Es sollen nur einige wenige Beispiele aufgeführt werden.

Mit Einführung der 256 x 256 Matrix konnte die Auflösung der Geräte stark erhöht werden; eine 512 x 512 Matrix ist in Erprobung. Die Aufnahmedauer ist mittlerweile auf einige Sekunden (bisher ca. 5 min.) pro Schicht reduziert. Die optische Auswertung ist mit Einführung der Farbbildschirme erleichtert. Mit Hilfe von Meßpunkten, die der Untersucher an jede beliebige Stelle des Oszillographenbildes dirigieren kann, lassen sich im Computerteil Ventrikelweiten oder Symmetrieverhältnisse exakter als bisher beurteilen.

Über weitere technische Einzelheiten informieren zahlreiche Publikationen (Hounsfield 1973, Hill 1974, Hill et al. 1975, Kazner et al. 1975, Kazner et al. 1976, Linke 1977, Ramsey 1978, Jensen et al. 1978).

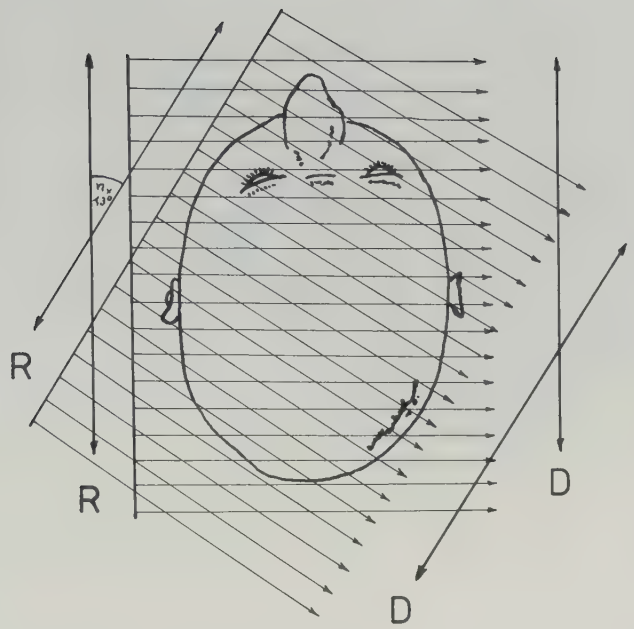


Abb.3: Die Röntgenröhre (R) läuft wie auf einer Schiene entlang des Patientenschädels; die Strahlen werden von Detektoren (D) aufgenommen; anschließend rotiert die Anordnung in 1,3°-Schritten um eine zur Orbito-Meatal-Ebene senkrechte Achse. (Modifiziert nach L.F.Squire: Computertomographie des Gehirns, Thieme Verlag Stuttgart, 1.Aufl. 1978, S.1 Abb.1.1.)

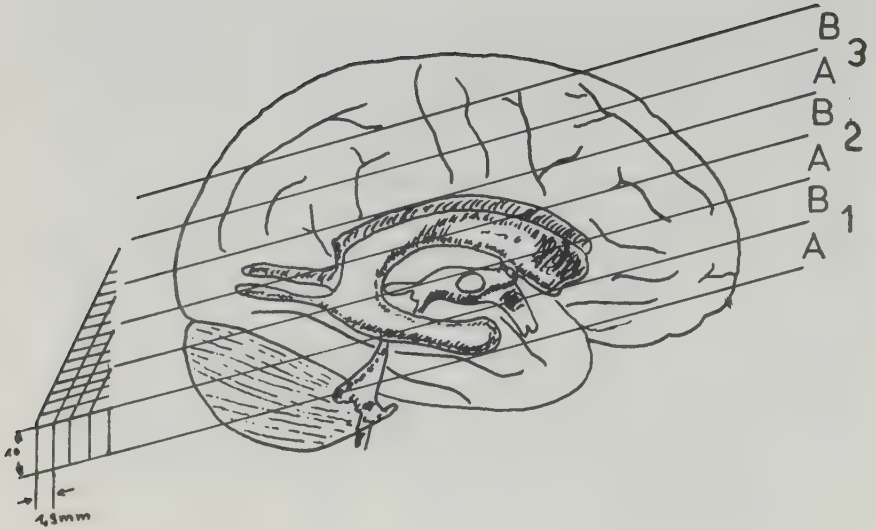


Abb.4: Schema der Schichtebenen bei der Computertomographie.

II. Problemstellung

Die Echoencephalographie hat als nicht invasive und wenig aufwendige Methode einen wichtigen Platz in der Diagnostik cerebraler Erkrankungen eingenommen. Mit Einführung der Computertomographie kam eine ebenfalls nicht invasive Methode hinzu, die in ihrer Aussagefähigkeit mit der Pneumencephalographie oder der Angiographie vergleichbar ist. Da die Computertomographie des Schädels gegenüber der Echoencephalographie ungleich höhere Aussagen erlaubt, erhebt sich die Frage, welche Bedeutung die Echoencephalographie heute noch beanspruchen kann. In der vorliegenden Arbeit wird versucht, durch einen Vergleich echoencephalographischer und computertomographischer Befunde die Möglichkeiten und Grenzen beider Verfahren aufzuzeigen.

Im einzelnen werden folgende Fragen untersucht:

1) Welche echoencephalographischen Befunde wurden erhoben
   a) bei einem Gesamkollektiv von 1901 Kindern,
   b) bei einem ausgewählten Kollektiv von 250 Kindern mit echoencephalographischer und computertomographischer Diagnostik ("CT-Kollektiv")?

2) Welche Bedeutung haben CMI, HMI und Weite des 3. Ventrikels für die Erkennung eines Hydrocephalus?

3) Wie groß ist der Anteil der unauffälligen, grenzwertigen, grenzwertig oder sicher pathologischen Befunde in beiden Kollektiven?

4) Welche Ursachen zeichnen verantwortlich für die Einordnung der Befunde in eine der unter 3) genannten Gruppen?

5) Welche Unterschiede ergeben sich bei den Befunden, die unter der Indikation Trauma erhoben wurden, im Bezug auf die Bestimmung des Mittelechos und auf die unter 3) und 4) erhobenen Fragestellungen?

6) Wie stark korrelieren echoencephalographische und computertomographische Befunde im CT-Kollektiv, wie lassen sich auftretende Diskrepanzen erklären und wo liegen Stärken und Schwächen beider Verfahren?

7) Welchen Stellenwert hat die Echoencephalographie nach Einführung der Computertomographie?

III. Material und Methode

Die Arbeit analysiert 2 649 EchoEG, die im Zeitraum vom Herbst 1974 bis zum 31.12.1977 an 1901 Patienten der Universitätskinderklinik Tübingen durchgeführt wurden. Die Vergleichbarkeit der Befunde ist dadurch gegeben, daß lediglich vier Ärzte die Untersuchungen durchführten; sie bedienten sich alle weitgehend der gleichen Untersuchungstechnik (lediglich bei der Bestimmung des HMI und CMI bestehen Unterschiede zwischen Arzt MD und Arzt S). Die Untersuchungen verteilten sich wie folgt auf die vier Ärzte: K: 71 (2,7%), P: 295 (11,1%), S: 952 (35,9%), MD: 1331 (50,3%).

Die Beschallungen wurden am liegenden Patienten und zur Bestimmung des Mittelechos bilateral synchron durchgeführt. Die 2 mm Skala erlaubt dann eine Ablesegenauigkeit von $\pm$ 0,5 mm. Es kamen folgende Ultraschallgeräte zum Einsatz: Kretz Echoencephalograph 4 200 ME und **Echo-Trace V, Metrix, Inc.**

Aus diesem Gesamtkollektiv von 1901 Kindern kamen zwischen September 1976 und Februar 1978 250 Kinder zur computertomographischen Untersuchung. Diese fand entweder an der Neurologischen Klinik Dietenbronn oder an der Neurologischen Fachklinik in Rottenmünster/Rottweil statt. Einige wenige Computertomogramme stammen aus Freiburg, Heidelberg, Erlangen und München. Sowohl in Dietenbronn als auch in Rottenmünster/Rottweil waren jeweils nur zwei Ärzte an der Befundung der Computertomogramme beteiligt, so daß auch hier eine ausreichende Kontinuität gegeben ist.

Die Untersuchungen wurden mit dem Siretom 1 der Siemens AG durchgeführt. Das 128 x 128 Raster erlaubt eine Auflösegenauigkeit von 1,9 mm.

Den EchoEG-Befunden wurden folgende Angaben entnommen: Geburtsdatum, Datum und Kennummer des Befundes, Angaben über die Fragestellung bzw. klinische Symptomatik, die zur Untersuchung führten, Weite des 3. Ventrikels, HM-Index, CM-Index, Mittelechoverschiebung nach rechts oder links gemessen an zwei Punkten (basal und hochparietal), Außenzacken und Name des Untersuchers.

Von den 25o Kindern des CT-Kollektivs wurde nach Durchsicht der Krankengeschichten je eine Karteikarte angelegt. Sie gibt Auskunft über Werte und Ergebnisse der echoencephalographischen Untersuchungen, Ergebnisse der computertomographischen Untersuchungen, Indikationen, die zur Diagnostik führten, die durch die Computertomographie gestellte (Verdachts-)Diagnose und über Schlüsse, die sich aus dem Vergleich der beiden Untersuchungsmethoden ergaben.

Für die einzige homogene Gruppe, nämlich die Kinder, bei denen ein vorausgegangenes Schädel-Hirn-Trauma der Grund für die EchoEG war, wurden die Ergebnisse getrennt vom Gesamt-Kollektiv untersucht. Bei den anderen Gruppen (siehe Kap. IV), Tab.2) stellen die auf den Befundbögen angegebenen Indikationen nur eine ungefähre Orientierung dar. Hier ist eine Durchsicht der Krankenakten unerläßlich. Ergebnisse aus derartigen Einzelkollektiven sollen in späteren Untersuchungen erarbeitet werden.

Es folgen Anmerkungen zu den einzelnen in Kapitel IV) dargestellten Ergebnissen:

Zu A)

Für die echoencephalographische Befundung wurden untenstehende Kriterien verwandt. Sie entsprechen denen von Schiefer 1967 für den 3. Ventrikel, und Schiefer et al. 1965 für den HMI und von Kazner et al. für den CMI. Die Teilung der pathologischen Werte in zwei Gruppen (grenzwertig und sicher pathologisch) wurde von uns vorgenommen.

	o.B.	grenzw. normal	grenzw. pathol.	sicher pathol.
3. Ventrikel	< 4-6mm	-	-	> 6mm
HMI	≦ 2,1	2,2	2,3/2,4	≧ 2,5
CMI	≧ 4,1	4,o-3,8	3,7/3,6	≦ 3,5
Mittelecho	≦ 2mm	-	-	> 2mm
sonstiges	-	-	-	Außenzacken, Tu.-Echos, o.ä.

Zu B) a)

Die Kriterien, die zur Beurteilung o.B., auffällig aber ohne Krankheitswert und pathologisch führten, lassen sich nicht schematisieren. Der Übergang zwischen auffällig und pathologisch ist verständlicherweise fließend. Folgende Befunde wurden meist als auffällig beurteilt: leichte Atrophiezeichen, flache Liquorkissen, flache subdurale Effusionen.

IV) Ergebnisse

A) Ergebnisse echoencephalographischer Untersuchungen

1) Ergebnisse des Gesamtkollektivs

Tabelle 1 gibt die Verteilung von 2 649 EchoEG auf 1901 Kinder wieder. Dabei wird deutlich, daß die Mehrzahl der Patienten nur einmal (1510 Kinder) bzw. zweimal (223 Kinder) durchschallt wurde. Mehr als sechs EchoEG (maximal 14) erfolgten lediglich bei 12 Kindern.

1	Echo	1510 Kinder
2	Echos	223 "
3	"	79 "
4	"	46 "
5	"	21 "
6	"	10 "
>6	"	12 "
1,39	"	1901 "

Tab.1

a) Indikationen

Die Fragestellungen bzw. klinische Symptomatik, die eine echoencephalographische Untersuchung notwendig machten, waren sehr vielfältig. Sie lassen sich in neun Gruppen zusammenfassen (Tabelle 2). An der Spitze stehen Hydrocephali (31,0%), neurologische Auffälligkeiten (29,3%) und Krämpfe verschiedenster Genese (22,1%). Eine relativ große Gruppe ergaben auch folgende Indikationen (19,5%): Nahtsynostosen, Cysten und andere Hirnmißbildungen, Kopfschmerzen, Verhaltensstörungen, cerebrales Defektsyndrom, Amaurose, Psychosyndrom, Hirnembolie, embryofetales Alkoholsyndrom u.a. Sie sind in Tabelle 2 zu sonstigem zusammengefaßt.

Hydrocephalus + Makro/Mikrocephalus	823x	31,o%
Neurologische Auffälligkeiten	775x	29,3%
Cerebrale Krampfanfälle	585x	22,1%
Entwicklungsverzögerungen	294x	11,1%
Schädel-Hirn-Traumen	258x	9,7%
Entzündliche Encephalopathien	129x	4,9%
Tumoren	124x	4,7%
Hygrome + subdurale Ergüsse	1o9x	4,1%
Sonstiges	517x	19,5%

Tab.2: Es handelt sich häufig um Mehrfachindikationen; die Prozentangaben sind auf 2 649 EchoEG bezogen.

b) Weite des 3. Ventrikels

Die Weite des 3. Ventrikels war in 123 Fällen (4,6%) nicht zu bestimmen. Tabelle 3 bezieht sich deshalb auf 2 526 Messungen. Dabei ergab sich 2 o47x ein Wert unterhalb 4 - 6 mm. Diese Spanne ist gewählt, um der Altersabhängigkeit der Ventrikelweite Rechnung zu tragen. Nach Schiefer 1967 steigt die physiologische Obergrenze der Weite des 3. Ventrikels in den ersten Lebensjahren stark an.

≤4-6 mm	2o47x	81,o%
7-8 mm	26ox	1o,3%
9-12mm	169x	6,7%
>12mm	5ox	2,o%

Tab.3

c) Bestimmung des HM-Index

Der HMI wurde in 1 249 Fällen ermittelt. Da er beidseitig bestimmt wird, ergeben sich pro Untersuchung zwei Werte. Diese konnten in 1 219 Fällen (97,6%) bestimmt werden. 3ox (2,4%) war nur ein Wert zu erhalten. Die Verteilung der Werte von ≦2,1 - ≧3,6 zeigt Tabelle 4.

beidseitig bestimmbar	1219x	97,6%	2468 Werte
einseitig bestimmbar	3ox	2,4%	
a) symmetrisch	11o3x	9o,5%	
b) rechts > links	51x	4,2%	n= 1219
c) links > rechts	65x	5,3%	

HMI	n	%	HMI	n	%
≤ 2,1	1315	53,3	2,9	33	1,3
2,2	286	11,6	3,o	48	1,9
2,3	2o3	8,2	3,1	15	o,6
2,4	138	5,6	3,2	13	o,5
2,5	128	5,2	3,3	8	o,3
2,6	111	4,5	3,4	7	o,3
2,7	79	3,2	2,5	6	o,2
2,8	56	2,3	≥ 3,6	22	o,9

Tab.4

Von den 1 219 beidseitig bestimmten HMI-Paaren war 1 1o3x (9o,5%) die Differenz zwischen rechts und links $<|o,3|$. Diese Fälle wurden als symmetrisch beurteilt. 116x (9,5%) war die Differenz $\geq|o,3|$, d.h. die Lage der Temproralhörner war asymmetrisch. Dabei ergab sich kein signifikanter Unterschied in der Häufigkeit einer rechts- bzw. linksseitigen HMI Erhöhung.

Die Häufigkeitsverteilung der HM-Indices ist in Abbildung 5 graphisch dargestellt. Dabei wird auf eine Unterteilung in rechts und links verzichtet. Es ergibt sich eine anfangs steil, später flach nach rechts abfallende Kurve. Bei 3,o weist sie einen deutlichen peak auf. Das Maximum liegt bei 53,3 (vergleiche auch e)).

d) Bestimmung des CM-Index

Der CMI wurde in 1 497 Fällen ermittelt. Da er definitionsgemäß für rechts und links gemeinsam bestimmt wird, ist nur in besonderen Fällen, die auf eine gravierende Asymmetrie im Bereich der Seitenventrikel schließen lassen,

eine getrennte Berechnung erfolgt. Dies war 64x (4,3%) der Fall; auch hier ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen rechts- und linksseitiger Erweiterung.

Tabelle 5 bezieht sich deshalb auf 1 433 Messungen. Sie zeigt die Verteilung der CMI zwischen ≧4,1 und ≦1,9.

a) SV asymmetrisch: 64x 4,3%
b) SV symmetrisch: 1433x 95,7%

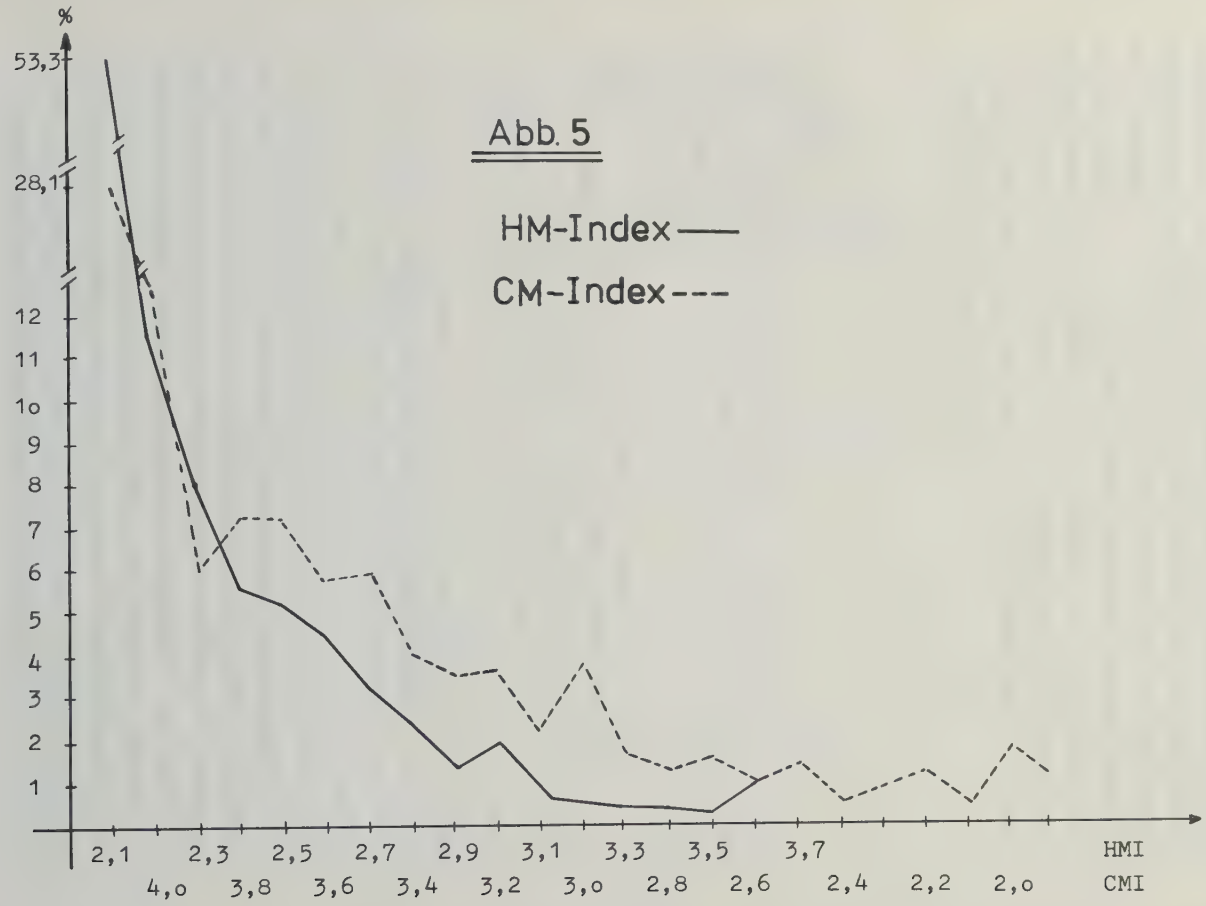
ad b)

CMI	n	%	CMI	n	%
≧4,1	4o2	28,1	2,9	22	1,5
4,o	178	12,4	2,8	17	1,2
3,9	85	5,9	2,7	2o	1,4
3,8	1o3	7,2	2,6	13	o,9
3,7	1o2	7,1	2,5	18	1,3
3,6	81	5,7	2,4	6	o,4
3,5	83	5,8	2,3	1o	o,7
3,4	57	3,9	2,2	16	1,1
3,3	49	3,4	2,1	4	o,3
3,2	5o	3,5	2,o	23	1,6
3,1	3o	2,1	≦1,9	1o	o,7
3,o	54	3,7		1433	

ad a) rechts > links 38x 2,5%
links > rechts 26x 1,7%

Tab.5

Die Häufigkeitsverteilung der CMI ist in Abbildung 5 graphisch dargestellt. Es ergibt sich eine nach rechts abfallende Kurve mit einem anfänglichen Maximum von 28,1 und drei deutlichen peaks bei 3,5; 3,o und 2,o. Auch bei 2,5 befindet sich ein allerdings weniger markanter peak.


%
53,3
28,1
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
Abb. 5
HM-Index ——
CM-Index ---
2,1 2,3 2,5 2,7 2,9 3,1 3,3 3,5 3,7 HMI
4,0 3,8 3,6 3,4 3,2 3,0 2,8 2,6 2,4 2,2 2,0 CMI

e) Vergleichende Darstellung der Ergebnisse aus c) und d)

Um die Ergebnisse der HMI- und CMI-Bestimmung besser beurteilen zu können, wurden die Werte zu Gruppen zusammengefaßt und in Tabelle 6 gegenübergestellt. Danach werden im Bereich des Temporalhorns (HMI) 53, 3% aller Befunde als unauffällig und 11,6% als grenzwertig gefunden. Im Bereich der Seitenventrikel (CMI) lauten die Ergebnisse auf 28,1% unauffällig und 25,5% grenzwertig. Damit sind 35,1% der HMI und 46,4% der CMI pathologisch.

	normal		pathologisch			
CMI	≥ 4,1	4,o-3,8	3,7-3,6	3,5-3,o	2,9-2,o	< 2,o
Anzahl	4o2	366	183	323	149	1o
Prozent	28,1	25,5	12,8	22,5	1o,4	o,7
	53,6		46,4			
HMI	≤ 2,1	2,2	2,3-2,5	2,6-3,o	3,1-3,5	> 3,5
Anzahl	1315	286	469	327	49	22
Prozent	53,3	11,6	19,o	13,3	2,o	o,9
	64,9		35,1			

Tab.6

f) Bestimmung des Mittelechos

Eine Aussage über die Lage des Mittelechos war in 2 von 2 649 Fällen nicht möglich. Sie wurde in zwei verschiedenen Höhen (basal und hochparietal) bestimmt und im Falle einer Verschiebung für rechts und links getrennt aufgezeichnet und ausgewertet. In Tabelle 7 sind allerdings die Mittelechoverschiebungen nicht mehr nach ihrer Seitenlokalisation aufgelistet, da sich keine signifikanten Unterschiede ergaben; bei 5oo (19,o%) nachgewiesenen Verschiebungen beträgt

hochparietal der Unterschied zwischen rechts- und linksseitiger Verschiebung o,75%; basal ist er noch geringer.

Insgesamt ergibt sich in 581 Fällen (21,95%) eine Mittelechoverschiebung, basal und/oder hochparietal ≧ o,5 mm. Im allgemeinen ergaben die Messungen basal und hochparietal keine oder nur geringe Unterschiede. Differenzen ≧ 3 mm traten in 33 Befunden (5,7%) auf, wobei der hochparietal gemessene Wert in 24 Fällen der größere war.

Basal war das Mittelecho 2 154x (81,4%) mittelständig und 396x (15,o%) maximal 2 mm verschoben. Hochparietal sind keine signifikanten Unterschiede vorhanden. Die genauen Zaheln für Mittelechoverschiebungen bis ≧ 9 mm sind der Tabelle 7 zu entnehmen.

	basal		hochparietal	
[mm]	n	%	n	%
0	2154	81,4	2147	81,1
≦ 2	396	15,o	379	14,3
3	38	1,4	39	1,5
4	19	o,7	34	1,3
5	19	o,7	25	o,9
6	4	o,2	8	o,3
7	6	o,2	4	o,2
8	2	o,1	2	o,1
9	3	o,1	4	o,2
> 9	6	o,2	5	o,2
≧ o,5	493	18,6	5oo	19,o

Tab.7

Weiterhin wurde die Verteilung der Mittelechoverschiebungen auf die einzelnen Untersucher bzw. Untersuchungsmethoden bestimmt: a) die bilateral synchrone Beschallung und b) die unilaterale Beschallung. Die Ergebnisse sind in Tabelle 8 dargestellt.

[mm]	unilateral	bilateral synchron	Gesamt
0	1183-89,4%	883-66,o%	2o66
≤2	69- 5,3%	341-26,4%	41o
>2	7o- 5,3%	1o1- 7,6%	171
	1322	1325	2647

Tab.8

Es ergeben sich dabei deutliche Unterschiede in der Beurteilung leichter Mittellinienverschiebungen (bis 2 mm) zwischen den beiden Untersuchungsmethoden: Während die Untersuchungsmethode b) 89,4% der Echoencephalogramme als symmetrisch befundet, ist dies bei der Untersuchungsmethode a) nur in 66,o% der Fall. Diese bestimmt dafür in 26,4% eine Mittelechoverschiebung ≦ 2 mm, während dies mit Methode b) in 5,3% der Fall ist.

Die statistische Überprüfung mit dem x^2- Test ergibt einen hochsignifikanten Unterschied zwischen der Untersuchungsmethode a) und b) bei Mittelechoverschiebungen ≦2 mm (x^2= 221; p < o,oo1).

Die statistische Überprüfung der Mittelechoverschiebungen > 2 mm mit dem x^2- Test ergibt einen signifikanten Unterschied zwischen Untersuchungsmethode a) und b) (x^2= 5,6; p < o,o1).

g) Auftreten von Außenzacken

Die sogenannten Außenzacken stammen von reflektierenden Strukturen, die an der Hirnperipherie nahe der Schädelkalotte liegen. Sie können bei folgenden pathologischen Veränderungen auftreten: Hydrocephalus externus, epidurales oder subdurales Hämatom, Hygrom.

Außenzacken wurden in 5o Befunden (1,9%) beobachtet. Allerdings wurden sie häufig als fraglich, d.h. nicht sicher pathologisch bezeichnet und deshalb in ihrer diagnostischen Aussagefähigkeit besonders kritisch bewertet.

h) Echoencephalographische Gesamtbeurteilung

In den obigen Kapiteln wurde ein Überblick über die statistische Verteilung der einzelnen im EchoEG bestimmten Werte gegeben. Eine Gesamtbefundung der 19o1 Fälle ist dadurch aber nicht möglich. Eine solche soll in Anlehnung an die in Kapitel III) dargestellten Richtlinien hier erfolgen.

Bei 28 Kindern war eine solche Befundung nicht möglich, da die Kinder zu unruhig oder die Schallköpfe für dickere Schädelknochen zu schwach waren. Von 1873 Kindern zeigten lediglich 7o7 (37,8%) ein vollkommen normales EchoEG, während 85o Kinder (45,3%) ein nach den angegebenen Kriterien pathologisches Ergebnis aufwiesen (Tabelle 9).

unauffällig	7o7	37,8%	nicht pathologisch	
grenzwertig normal	316	16,9%	1o23	54,7%
grenzwertig pathologisch	192	1o,2%	pathologisch	
sicher pathologisch	658	35,1%	85o	45,3%

Tab.9

Im folgenden soll dargestellt werden, wie sich die sicher pathologischen Befunde nach der gegebenen Definition (Kap. III)) zusammensetzen (Tabelle 1o)

allgemeine Ventrikelerweiterung	197x	29,9%
isolierte Erweiterung des 3.Ventrikels	1o9x	16,6%
isolierte Erweiterung der Seitenventrikel	283x	43,o%
Mittelechoverschiebung > 2mm + Ventrikelerweiterung	39x	5,9%
alleinige Mittelechoverschiebung > 2mm	3ox	4,6%
zusätzliches Auftreten von Außenzacken	31x	4,7%

Tab.1o

2) Ergebnisse eines Einzelkollektivs

Die Befunde von 173 Kindern, die nach einem Schädel-Hirn-Trauma 258x durchschallt worden waren, wurden gesondert analysiert. Im einzelnen ergaben sich folgende Ergebnisse:

a) Bestimmung des Mittelechos

Sie war in 258 Fällen möglich und wurde an zwei Punkten durchgeführt. Da zwischen Rechts- und Linksverschiebung keine signifikanten Unterschiede bestehen, wurde auf eine getrennte Wiedergabe verzichtet (Tabelle 11).

Insgesamt ergibt sich in 73 Fällen (28,3%) eine Mittelechoverschiebung basal und/oder hochparietal ≧ o,5 mm. Basal war das Mittelecho 186x (72,1%) mittelständig und 55x (21,3%) um maximal 2 mm verschoben. Gegenüber hochparietaler Messung ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. Die genauen Zahlen für Mittelechoverschiebungen bis 9 mm sind Tabelle 11 zu entnehmen.

	basal		hochparietal	
[mm]	n	%	n	%
0	186	72,1	185	71,7
≦2	55	21,3	54	2o,9
3	8	3,1	11	4,3
4	6	2,3	4	1,5
5	2	o,8	2	o,8
6	0	0	1	o,4
9	1	o,4	1	o,4
≧o,5	72	27,9	73	28,3

Tab.11

Die Verteilung der Mittelechoverschiebungen auf die einzelnen Untersucher wurde wie in Abschnitt A) 1) f) bestimmt; es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zu den Ergebnissen des Gesamtkollektivs; deshalb wird auf eine gesonderte Darstellung verzichtet.

b) Echoencephalographische Gesamtbeurteilung

Sie erfolgt nach den in Kapitel IV) dargelegten Kriterien. Danach zeigen 1o6 Kinder (61,3%) ein vollkommen normales EchoEG, während 5o Kinder (28,9%) ein nach den gegebenen Definitionen pathologisches Ergebnis aufweisen (Tabelle 12).

unauffällig	1o6	61,3%	nicht pathologisch	
grenzwertig normal	17	9,8%	123	71,1%
grenzwertig pathologisch	9	5,2%	pathologisch	
sicher pathologisch	41	23,7%	5o	28,9%

Tab.12

In Tabelle 13 sind die Ursachen dargestellt, die zur Klassifizierung von 41 Fällen als sicher pathologisch geführt haben. Auch hier liegt die Erhöhung des HMI und/oder Erniedrigung des CMI bei normal weitem 3. Ventrikel mit 31,7% an der Spitze. Eine Mittelechoverschiebung > 2mm ist bei 9 Kindern (21,9%) nachweisbar.

allgemeine Ventrikelerweiterung	8x	19,5%
isolierte Erweiterung des 3.Ventrikels	11x	26,8%
isolierte Erweiterung der Seitenventrikel	13x	31,7%
Mittelechoverschiebung > 2mm + Ventrikelerweiterung	3x	7,3%
alleinige Mittelechoverschiebung > 2mm	6x	14,6%

Tab.13

c) Auftreten von Außenzacken

Außenzacken wurden in 1o Befunden (3,9%) beobachtet. Auch hier wurden sie häufig als fraglich, d.h. nicht sicher pathologisch bezeichnet und deshalb in ihrer diagnostischen Aussagefähigkeit besonders kritisch bewertet.

3. Ergebnisse des Kollektivs mit EchoEG- und CT-Diagnostik

Die Befunde von 247 Kindern, die sowohl echoencephalographisch (495x) als auch computertomographisch (295x) untersucht worden waren, wurden analysiert (CT-Kollektiv). Drei Kinder fielen aus, da in zwei Fällen der CT-Befund nicht auffindbar und bei einem Kind eine CT-Untersuchung technisch nicht möglich war (Kopf des Kindes zu klein!).

a) Weite des 3. Ventrikels

Die Weite des 3. Ventrikels war in 28 Fällen (5,7%) echoencephalographisch nicht bestimmbar. Tabelle 14 bezieht sich deshalb auf 467 Messungen. Dabei ergab sich 31ox (66,4%) ein Wert unterhalb 4 - 6 mm. Auch hier wird der altersabhängigen Zunahme der Ventrikelweite Rechnung getragen.

≤4-6 mm	31ox	66,4%
7-8 mm	76x	16,3%
9-12mm	54x	11,6%
>12mm	27x	5,8%

Tab.14

b) Bestimmung des HM-Index

Der HMI wurde in 291 Fällen ermittelt. Er war 286x (92,3%) beidseitig und nur 5x (1,7%) einseitig bestimmbar. Die Verteilung der Werte von ≦2,1 - ≧3,6 zeigt Tabelle 15.

beidseitig bestimmbar	286x	98,3%	577 Werte
einseitig bestimmbar	5x	1,7%	
a) symmetrisch	247x	86,4%	
b) rechts links	21x	7,3%	n= 286
c) links rechts	18x	6,3%	

HMI	n	%	HMI	n	%
≤2,1	27o	47,8	2,9	12	2,1
2,2	57	9,8	3,o	1o	1,7
2,3	39	6,8	3,1	6	1,o
2,4	32	5,6	3,2	6	1,o
2,5	4o	6,9	3,3	4	o,7
2,6	3o	5,2	3,4	4	o,7
2,7	33	5,7	3,5	1	o,2
2,8	18	3,1	≥3,6	9	1,6

Tab.15

Von den 286 beidseitig bestimmten HMI-Paaren war 247x (86,4%) eine Symmetrie gegeben (in Anlehnung an die Kriterien in IV) A) 1) c)). 39x (13,6%) wurde eine asymmetrische Lage der Temporalhörner interpretiert. Dabei ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen rechts und links.

Eine Gruppierung der in Tabelle 15 dargestellten Werte erfolgt in Abschnitt 3) d).

c) Bestimmung des CM-Index

Der CMI wurde in 276 Fällen ermittelt. In 12 Fällen war eine deutliche Asymmetrie der Seitenventrikel vorhanden, wobei kein signifikanter Unterschied zwischen rechts und links bestand. Tabelle 16 bezieht sich deshalb auf 264 Messungen und zeigt die Verteilung der CMI zwischen ≧ 4,1 und ≦ 2,o.

a) SV asymmetrisch: 12x 4,4%
b) SV symmetrisch: 264x 95,6%

ad b)

CMI	n	%	CMI	n	%
≥4,1	64	24,2	2,9	5	1,9
4,o	26	9,6	2,8	7	2,6
3,9	15	5,7	2,7	6	2,3
3,8	21	8,o	2,6	6	2,3
3,7	13	4,9	2,5	3	1,2
3,6	12	4,6	2,4	2	o,8
3,5	15	5,7	2,3	4	1,5
3,4	9	3,4	2,2	5	1,9
3,3	8	3,o	2,1	2	o,8
3,2	1o	3,8	≤2,o	8	3,o
3,1	7	2,7			
3,o	16	6,1		264	

ad a) rechts > links 7x 2,5%
links > rechts 5x 1,8%

Tab.16

Eine Gruppierung dieser Werte erfolgt in d).

d) Vergleichende Darstellung der Ergebnisse aus b) und c)

Die Ergebnisse der HMI- und CMI-Bestimmung werden in Gruppen zusammengefaßt und in Tabelle 17 gegenübergestellt. Danach werden im Bereich des Temporalhorns (HMI) 47,8% aller Befunde als unauffällig (o.B.) und 9,9% als grenzwertig gefunden. Im Bereich der Seitenventrikel (CMI) lauten die Ergebnisse auf 24,2% o.B. und 23,5% grenzwertig. Damit sind 42,3% der HMI und 52,3% der CMI pathologisch.

	normal		pathologisch			
CMI	≧4,1	4,o-3,8	3,7-3,6	3,5-3,o	2,9-2,o	<2,o
Anzahl	64	62	25	65	48	-
Prozent	24,2	23,5	9,5	24,6	18,2	-
	47,7		52,3			
HMI	≦2,1	2,2	2,3-2,5	2,6-3,o	3,1-3,5	>3,5
Anzahl	276	57	111	1o3	21	9
Prozent	47,8	9,9	19,2	17,9	3,6	1,6
	57,7		42,3			

Tab.17

e) Bestimmung des Mittelechos

Eine Aussage über die Lage des Mittelechos war in allen 495 Fällen möglich. In der tabellarischen Darstellung ist auf die Angabe der Seitenlokalisation aus bereits dargelegten Gründen (Abschnitt 1) f)) verzichtet worden.

Insgesamt ergibt sich in 182 Fällen (36,7%) eine Mittelechoverschiebung basal und/oder hochparietal ≧ o,5 mm. Differenzen > 3 mm in der Mittelechoverschiebung zwischen basal und hochparietal traten sehr selten auf.

Basal war das Mittelecho 334x mittelständig (67,5%) und 127x (25,7%) um maximal 2 mm verschoben. Gegenüber hochparietal sind keine signifikanten Unterschiede vorhanden. In Tabelle 18 sind die Werte für die Mittelechoverschiebungen zu Gruppen zusammengefaßt.

[mm]	basal		hochparietal	
	n	%	n	%
0	334	67,5	336	67,9
≤ 2	127	25,7	119	24,o
3-5	26	5,3	28	5,7
> 5	8	1,6	12	2,4
≥ o,5	161	32,5	159	32,1

Tab.18

f) Auftreten von Außenzacken

Außenzacken wurden in 17 Untersuchungen (3,4%) beobachtet. Auch in diesem Kollektiv war ihre exakte Reproduzierbarkeit häufig fraglich.

g) Echoencephalographische Gesamtbeurteilung

Die echoencephalographische Gesamtbeurteilung erfolgt in Anlehnung an die in Kapitel III) dargestellten Richtlinien.

In 4 Fällen waren mit Ausnahme des Mittelechos keine verwertbaren Reflexionen zu erhalten. Von 243 Kindern zeigten 61 (25,1%) ein vollkommen normales EchoEG, während 155 Kinder (63,8%) einen pathologischen Befund aufwiesen (Tabelle 19).

unauffällig	61	25,1%	nicht pathologisch	
grenzwertig normal	27	11,1%	88	36,2%
grenzwertig pathologisch	15	6,2%	pathologisch	
sicher pathologisch	14o	57,6%	155	63,8%

Tab.19

B) Ergebnisse computertomographischer Untersuchungen

a) Computertomographische Gesamtbeurteilung

Für dieselben Kinder wie A) 3) g) sind in Tabelle 2o die in 295 Computertomogrammen erhobenen Befunde zusammengefaßt. 126 CT (42,7%) waren o.B., 143 CT (48,5%) waren pathologisch.

unauffällig	126	42,7%
auffällig aber ohne Krankheitswert	25	8,5%
pathologisch	143	48,5%
nicht beurteilbar	1	o,3%

Tab.2o

b) Computertomographische Diagnosen

In den auffällig (aber ohne Krankheitswert) und pathologisch befundeten Computertomogrammen wurden die in Tabelle 21 zusammengestellten Diagnosen erhoben. Dabei wurde mit Abstand am häufigsten ein Hydrocephalus (1o3x) diagnostiziert. Nicht selten wurden Mehrfachdiagnosen gestellt.

Hydrocephalus	1o3
Atrophie	3o
Subduralerguß	18
Tumor	13
Zonen veränderter Dichte	13
Fehlbildungen	12
Hirnsubstanzdefekt	12
subdurale Effusion	9
Ödem	6
sonstiges	8

Tab.21

C) Vergleich echoencephalographischer und computertomographischer Befunde

Es wurden Kriterien erarbeitet, die einen Vergleich echoencephalographischer und computertomographischer Befunde ermöglichten:

- die computertomographische Untersuchung mußte im Anschluß an die Echoencephalographie durchgeführt werden;
- zwischen den beiden Untersuchungen durften keine einschneidenden therapeutischen Maßnahmen vorgenommen werden (z.B.: Ventil-, Tumor-, Hygromoperation);
- zwischen beiden Untersuchungen durften keine wesentlichen klinischen Änderungen eingetreten sein.

23o Befundpaare von 227 Kindern erfüllten diese Kriterien, 2o Befundpaare erfüllten sie nicht.

In Tabelle 22 ist das Ergebnis von 23o Vergleichen zusammengefaßt. Die Befundpaare wurden dazu in fünf Gruppen eingeteilt. Beurteilt wurde dabei, ob der Einzelbefund pathologisch oder unauffällig (o.B.) war und inwieweit er mit dem Vergleichspartner übereinstimmte oder nicht. Grenzwertige Befunde wurden im allgemeinen als unauffällig gewertet, falls nicht durch vorausgegangene Untersuchungen eine pathologische Beurteilung sinnvoller erschien. Danach bestand in 148 Befundpaaren (64,3%) Übereinstimmung zwischen echoencephalographischer und computertomographischer Beurteilung.

		n	%
I	(E=CT) → o.B.	87	37,8
II	(E=CT) → path.	61	26,5
III	E → path., CT → o.B.	36	15,7
IV	(E≠CT) = path.	2o	8,7
V	E → o.B., CT → path.	26	11,3

Tab.22: = bedeutet Übereinstimmung
≠ bedeutet keine Übereinstimmung

In den übrigen 82 Befundpaaren bestanden mehr oder weniger große Differenzen zwischen beiden Untersuchungsergebnissen. Sie werden im einzelnen dargestellt:

zu Gruppe III: 36 Kinder wurden durch das CT als unauffällig, durch das EchoEG aber als leicht bis höchstens mittelgradig erweitert befundet. Die Weiten des 3. Ventrikels schwanken dabei mit drei Ausnahmen (2 x 5mm, 1 x 12mm) zwischen 7 und 9 mm. Auch HMI und CMI sprachen meist für eine leichte Ventrikelerweiterung;

zu Gruppe V: 26 Kinder ergaben im EchoEG einen unauffälligen, im CT aber einen pathologischen Befund. Die Befunde sind zusammen mit denen aus Gruppe IV in Tabelle 23 dargestellt;

zu Gruppe IV: Bei weiteren 2o Kindern bestand keine oder nur teilweise Übereinstimmung, obwohl beide Untersuchungsmethoden einen pathologischen Befund ergaben. Von den 2o echoencephalographisch nachgewiesenen leichten bis mittelgradigen Ventrikelerweiterungen wurden 1o im CT bestätigt. Da diese aber im CT neben anderen pathologischen Veränderungen (z.B. direkter Tumornachweis) als Nebenbefunde dargestellt wurden, bleibt die Diskrepanz zwischen den Ergebnissen beider Untersuchungen bestehen. In Tabelle 23 sind nur die computertomographisch erhobenen Hauptbefunde dargestellt. Deshalb gehören die dort aufgeführten Hydrocephali vollständig zur Gruppe V.

Beurteilt man die in Tabelle 23 dargestellten CT-pathologischen Veränderungen auf ihre Fähigkeit hin, im EchoEG überhaupt mit einer gewissen Sicherheit verwertbare Reflexionen zu erzeugen, so lassen sich vier Gruppen unterscheiden:

Gruppe A: Die hier aufgeführten Befunde lassen sich zwar nicht direkt echoencephalographisch nachweisen, wohl aber indirekt durch eine entsprechende Mittelechoverschiebung (Fall 1 - 4) oder durch eine Ventrikelerweiterung (Fall 6 - 7). Eine Hydranencephalie wurde im

EchoEG als maximaler Hydrocephalus (Fall 5) befundet. Hier liegt eine - wenn auch indirekte - Übereinstimmung zwischen echoencephalographischem und computertomographischem Befund vor. Die diagnostischen Möglichkeiten der Echoencephalographie wurden dabei voll ausgeschöpft.

Gruppe B: Hier sind 2o Befunde zusammengefaßt, die prinzipiell (Fälle 11, 16, 17, 18, 19, 21 u.a.) oder aufgrund ihrer Lage und Größe (Fälle 8, 9, 1o, 2o, 23 - 27 u.a.) im Routine-EchoEG weder direkte (Außenzacken, Tumorechos, echofreie Zonen bzw. Wandechos bei Cysten) noch indirekte (Mittelechoverschiebung, Okklusivhydrocephalus) Veränderungen hinterlassen konnten bzw. hinterließen.

Gruppe C: Es handelt sich um 2 Fälle, die ein deutlich erweitertes Ventrikelsystem aufwiesen (CT), aber echoencephalographisch unauffällig waren. Hier müßten eigentlich mit großer Sicherheit entsprechende Reflexionen im EchoEG aufgetreten sein, so daß eine Fehlbefundung des EchoEG vorgelegen hat.

Gruppe D: Die in dieser Gruppe zusammengefaßten CT-Befunde lassen keine Entscheidung auf die Frage zu, ob echoencephalographische Veränderungen hätten vorliegen müssen oder nicht. Es handelt sich hierbei um echte diagnostische Grenzfälle, in die die Möglichkeiten und Grenzen der Untersuchungsmethode eingehen.

1) posttraumatischer Substanzdefekt in Verlängerung des linken Vorderhorns
2) Hirnsubstanzdefekt links-temporal
3) Ödem rechts-temporal + parietal
4) Arachnoidalcyste links — A
5) Hydranencephalie
6) infratentorieller Tumor im linken Felsenbein
7) infratentorielles Medulloblastom

---

8) frontale subdurale Ergüsse
9) bifrontale Hygrome
10) deutliche bifrontale + links-temporale Liquorpolster
11) flacher subduraler Erguß rechts-temporal-occipital, Balkenaplasie, Dichteminderung rechtsparietal
12) deutliche Atrophiezeichen
13) Rindenatrophie
14) Rindenatrophie
15) Rindenatrophie
16) Kleinhirnatrophie + kleine Liqorcyste links-temporal
17) Kleinhirnatrophie — B
18) scharfmarkierte Zone verminderter Dichte links-temporal
19) fehlender Pol des linken Temporallappens
20) Substanzdefekt links-occipital + hochparietal-paramedian
21) Kontusionsherd rechts-hochparietal
22) ischämisch erweichter Bezirk im Gebiet der Arteria media cerebri
23) infratentorielle mittelständige Cyste
24) kleine Pseudocyste im Großhirn
25) Gefäßmißbildung oder Ependymom mittelliniennah
26) Tumor im Gehirnstamm
27) cystischer Tumor der hinteren Schädelgruppe

---

28) 29)	deutliche hydrocephale Veränderungen	C
3o)	mediane Cyste	
31) 32)	Fibrome (M.Recklinghausen) im linken Thalamus + parietalem Marklager	D
33) –46)	leichte hydrocephale Veränderungen	

Tab.23: Gruppe A: indirekte Übereinstimmung zwischen EchoEG und CT;

Gruppe B: Nachweis dieser Befunde im EchoEG nicht oder nur gelegentlich möglich;

Gruppe C: echoencephalographische Fehlbefundung;

Gruppe D: diagnostische Grenzfälle.

Unabhängig von der Frage, inwieweit echoencephalographischer und computertomographischer Befund korrelieren, wurde untersucht, ob eine Mittelechoverschiebung im EchoEG von einer Mittellinienabweichung im CT begleitet war. Dabei blieben diejenigen Fälle unberücksichtigt (Tabelle 24), in denen die Abweichungen übereinstimmten oder sich nur in der Millimeterangabe unterschieden. Es werden also nur diejenigen Fälle aufgezeigt, die im CT mittelständig, im EchoEG aber seitenverschoben interpretiert wurden.

≦2,5mm	67x	
≧3 mm	1ox	
gesamt	77x	33,5%

Tab.24: n = 23o Befundpaare

Danach wiesen 33,5% der Fälle echoencephalographisch eine Mittelechoverschiebung auf, während im CT-Befund keine Abweichung angegeben war.

V) Diskussion

A) Zusammenfassung der Ergebnisse

Am Anfang der Diskussion sollen die Ergebnisse kurz zusammengestellt werden:

1) Die Bedeutung des HMI und v.a. des CMI für die Erkennung eines Hydrocephalus liegt deutlich über der Weite des 3. Ventrikels.

2) Ventrikelerweiterungen sind meist generalisiert, aber im Bereich der pars centralis der Seitenventrikel besonders stark ausgeprägt.

3) Die Verwendung mathematischer Hilfsgeräte (Rechenschieber etc.) zur Berechnung der Indices wird dringend empfohlen, um eine unbewußte Bevorzugung bestimmter Werte (2,5; 3,o; 3,5) zu verhindern.

4) Mittelechoverschiebungen ≤ 2 mm sind unter Umständen nicht mehr physiologisch bedingt und deshalb in Abhängigkeit von der klinischen Symptomatik v.a. nach Traumen kontrollbedürftig.

5) Die beidseitig bilateral synchrone Beschallung ist der unilateralen Beschallung bei der Bestimmung des Mittelechos weit überlegen.

6) Die Gruppe der pathologischen Echoencephalogramme wird in grenzwertig und sicher pathologische Befunde unterteilt; letztere Gruppe ist nahezu gleich groß wie die Gruppe der pathologischen und auffälligen Computertomogramme (ca. 57%).

7) Die Ursachen, die zur Klassifizierung als sicher pathologisch geführt haben, werden dargestellt. Ein Zusammenhang zwischen der Erweiterung des 3. Ventrikels und der Seitenventrikel ist nicht zu beobachten.

8) Die echoencephalographischen und computertomographischen Befundpaare werden in fünf Gruppen eingeteilt. Dabei ergibt sich bei 155 Kindern (67,4%) eine Über-

einstimmung zwischen beiden Methoden. Die restlichen Befundpaare werden diskutiert oder kurz dargestellt.

9) Die Computertomographie ist, zumindest bei Verwendung einer 128 x 128 Matrix, zur Beurteilung leichter Ventrikelerweiterungen weniger geeignet.

1o) Die Computertomographie erscheint zur Beurteilung leichter Symmetrieveränderungen (bis 2,5 mm), zumindest unter Verwendung von Polaroidbildern, ungeeignet.

11) Im vorhandenen Kollektiv betrug die Treffsicherheit der EchoEG 83,o%. Die Bedeutung der EchoEG für die neuropädiatische Diagnostik wird dadurch bestätigt.

B) Diskussion der Ergebnisse aus IV) A)

Aus Tabelle 1 geht die Bedeutung der Echoencephalographie für die Kontrolle von Krankheitsverläufen hervor. 168 Kinder (8,7%) erhielten 693 Echoencephalogramme (26,2%); sie waren 3x und öfter durchschallt worden. Eine Verlaufskontrolle wurde v.a. bei Hydrocephali (823x) und traumatischen Mittelechoverschiebungen (258x) durchgeführt. Beide machen mit zusammen 4o,7% einen bedeutenden Teil der Indikationen aus, die an unserem Krankengut zur Ultraschalldiagnostik führten.

Die Echoencephalographie stellt in der Hand des erfahrenen Untersuchers eine wertvolle diagnostische Untersuchungsmethode dar. Dies geht schon aus der Tatsache hervor, daß in nur 4,6% der Untersuchungen die Weite des 3.Ventrikels nicht bestimmt werden konnte. Die Beurteilung des Mittelechos war sogar nur 2x nicht möglich. Die Aussage zahlreicher Autoren (Braak et al. 1961, Friedmann et al. 1964, Gordon 1958, Gordon 1959, Jefferson 1962, Jeppsson 196o, Jeppsson 1961, Leksell 1955/56, Lithander 1961, Schiefer et al. 1963, Tayler et al. 1961), die Echoencephalographie sei zur Beurteilung supratentorieller Massenverschiebungen gut geeignet, kann von unsrer Seite bestätigt werden. Die Problematik der Mittelechoverschiebung wird später noch eingehender untersucht werden müssen. Die Tatsache, daß der HMI und/oder CMI nicht immer bestimmt wurde, läßt nicht den Schluß zu, diese Werte seien sehr viel schwieriger zu ermitteln als beispielsweise das Mittelecho oder der 3. Ventrikel und seien deshalb in ihrer diagnostischen Aussagekraft geringer zu bewerten. Vielmehr bevorzugte Untersucher MD den HMI und Untersucher S den CMI. Erst im Laufe der letzten 1 1/2 Jahre wurden nach Möglichkeit beide Indices bestimmt.

Im Gesamtkollektiv ergab die Bestimmung des 3. Ventrikels in 81% einen unauffälligen Befund. Schiefer et al. 1966a erhielten in einem Durchschnittskollektiv von 16o3 Personen in 77,6% einen normalen 3. Ventrikel.

Ein Vergleich der Werte für das Mittelecho ergibt eine Abnahme der mittelständigen Echos von 81% im Gesamtkollektiv um 13,5% auf 67,5% im CT-Kollektiv. Dafür nehmen die in unserer Klinik bisher als physiologisch angesehenen Mittelechoverschiebungen von 15% auf 25% zu. Wenn man aus dem Gesamtkollektiv die dort auch mitgezählten EchoEG-Werte der CT-Kinder herausnimmt (im Gesamtkollektiv sind ja auch die Kinder mit CT-Diagnostik enthalten), so sind in diesem "bereinigten" Gesamtkollektiv nur noch 12,5% Mittelechoverschiebungen ≤ 2 mm enthalten; d.h. die Differenz zum CT-Kollektiv fällt mit 12,5% noch deutlicher aus. Bei den Verschiebungen ≥ 3 mm bestehen mit 4,5% bzw. 7% zwischen beiden Kollektiven kaum noch Unterschiede. Für das CT-Kollektiv läßt sich daraus folgendes ableiten:

Das CT-Kollektiv unterscheidet sich vom Gesamtkollektiv durch eine Zunahme der Mittelechoverschiebungen im unteren Bereich (bis 2 mm), während im Bereich des 3.Ventrikels eine Zunahme von 2,o auf 5,8% im oberen Bereich (>12 mm) das unterscheidende Kriterium ist. Schiefer und Kazner 1966a erhielten in einer ähnlichen Arbeit an 16o3 Personen, die in etwa unserem Gesamtkollektiv entsprachen, 382x (24,1%) eine Mittelechoverschiebung, womit dieser Wert im Vergleich zu unseren Ergebnissen um 5% höher liegt. Lapayowker et al.1965 erhielten an 358 Patienten 51 Mittelechoverschiebungen (14,3%).

Da im CT-Kollektiv Kinder mit schwerwiegender klinischer Symptomatik und/oder anderen pathologischen Befunden zusammengefaßt sind, muß der Verdacht geäußert werden, daß eine Mittelechoverschiebung um 1,5 oder 2 mm eben doch nicht, wie vielfach angenommen, physiologisch ist. Anders läßt sich die deutliche Zunahme um 1o% wohl kaum erklären. Eine ähnliche Situation findet sich bei den Mittelechos der Kinder, die mit der Indikation Trauma beschallt worden waren (vgl.Tab.7 und 11). Aus dem Gesagten ist die Forderung abzuleiten, Kinder mit einer Mittelechoverschiebung um 1,5 oder 2 mm in Abhängigkeit von der klinischen Symptomatik weiterhin zu kontrollieren. Wir teilen damit die Ansicht von Schiefer und Kazner 1967 (S.78),

die die physiologische Schwankungsbreite des Mittelechos mit ±1 mm beziffern. Jeppsson 1961 dagegen nimmt erst bei einer Mittelechoverschiebung > 3,1 mm einen pathologischen Prozeß an, Lapayowker et al. 1965 bei Werten > 2 mm und Sandok et al. 1969 bei Werten > 3 mm.

Vergleicht man die CMI und HMI des Gesamtkollektivs miteinander, so ergibt sich folgendes Bild (Tabelle 6, Kapitel IV) A) 1) e)): Der CMI ist mit 46,4% häufiger im pathologischen Bereich als der HMI mit 35,1% (Die Prozentangaben beziehen sich auf die Gesamtzahl bestimmter HMI und CMI). Weiterhin ist deutlich die Tendenz der Vertrikel sichtbar, sich im Bereich der pars centralis (CMI) gegebenenfalls stärker zu erweitern als im Bereich der Temporalhörner (HMI); 11% der CMI sind nämlich 3,o, während nur knapp 3% der HMI für eine massive Ventrikelerweiterung im Bereich der Temporalhörner sprechen.

Ein Vergleich der CT- und Gesamtkollektive (Tabellen 6 und 17) ergibt eine Zunahme der pathologischen Befunde um 6-7% für HMI und CMI. Während sich jedoch die Zunahme der pathologischen Werte beim HMI einigermaßen gleichmäßig auf alle Indices verteilt (lediglich die Gruppe von 2,3 - 2,5 bleibt konstant), ist beim CMI die Gruppe 2,9 - 2,o mit +8% bevorzugt. In der Gruppe 3,7 - 3,6 ist sogar ein Rückgang um 3% auf 9,5% zu verzeichnen.

Zusammenfassend kann man also sagen: Im Bereich der cella media ist die Anzahl pathologischer Befunde gegenüber den Temporalhörnern deutlich erhöht. Weiterhin handelt es sich im Bereich der cella media häufiger um massive Ventrikelerweiterungen - in beiden Kollektiven, besonders ausgeprägt aber im CT-Kollektiv -, während im Bereich der Temporalhörner eine derartige Tendenz nicht feststellbar ist. Dieses Verhalten kann durch die Lage der Temporalhörner und der cella media erklärt werden. Und zwar sind die Temporalhörner von einem deutlich dünneren Hirnmantel umgeben als die Seitenventrikel der cella media; diese im Bereich der

Temporalhörner stärker beengten Raumverhältnisse machen eine starke Ventrikelerweiterung schwieriger und damit seltener. Wir stimmen darin mit Kazner und Schiefer 1966b überein, die die Erfahrung gemacht haben, daß eine Ventrikelerweiterung meist generalisiert, aber im Temporalhorn selten so stark ausgeprägt ist wie im Vorderhorn oder im cella media Bereich.

Zum anderen geht in dieses Verhalten noch eine Eigenart des CMI ein, die in seiner mathematischen Definition als beidseitiger Index begründet liegt. Der CMI reagiert auf Ventrikelerweiterungen wesentlich empfindlicher als der HMI. Mathematisch läßt sich folgendes beweisen: Wird der Abstand der lateralen Wand des Seitenventrikels von der Mittellinie von beispielsweise 14 mm auf 19 mm erhöht (was einer Ventrikelerweiterung von 28 auf 38 mm entspricht), so sinkt der CMI von 4,4 auf 3,25 (angenommener bitemporaler Durchmesser: 124 mm). Eine entsprechende Veränderung (um 5 mm) am Temporalhorn ergäbe eine Erhöhung des HMI von 2,o auf nur 2,4 (angenommener Abstand Endecho - Mittelecho 58 mm). D.h.: 5 mm Lageveränderung der entsprechenden Echos ergeben im angenommenen Beispiel eine Verminderung des CMI um 1,15, eine Erhöhung des HMI aber nur um o,4. Dieser Tatsache ist durch die größere Grenzwertbreite beim CMI (3,8-4,o) gegenüber dem HMI (2,2) bereits Rechnung getragen.

Demnach reagiert der CMI am empfindlichsten auf pathologische Veränderungen, die eine Erweiterung des flüssigkeitsgefüllten Hohlraumsystems hervorrufen. Im Gesamtkollektiv wiesen nur 19% der bestimmten 3. Ventrikel einen pathologischen Befund auf; damit läge die Bedeutung des CMI und HMI für die Erkennung eines Hydrocephalus deutlich über der des 3. Ventrikels. Durch die gleichzeitige Bestimmung des 3. Ventrikels, CMI und/oder HMI konnten 71 von 87 computertomographisch ermittelten Hydrocephali interni nachgewiesen werden (81,6%).

Der anfangs steile, später flache Kurvenverlauf in Abbildung 5 macht die prozentuale Verteilung der HMI bzw. CMI deutlich. Die Anfangssteigung ist etwas zu steil, da aus Gründen der Vereinfachung die HMI < 2,1 und die CMI > 4,1 nicht mit aufgezeichnet sind. Auffallend sind die peaks bei 3,o (HMI) und bei 3,5; 3,o und 2,o (CMI). Sie markieren ein überdurchschnittlich häufiges Auftreten dieser Indices bei Ventrikelerweiterung. Da es keine pathophysiologische Erklärung für die Kumulation dieser Werte gibt, muß der Verdacht geäußert werden, daß bei der Berechnung beispielsweise der gerade Wert 3,o den ungeraden Werten 3,1 und 2,9 vorgezogen wurde. Dies ist durch eine etwas "großzügige" Berechnungsweise erklärbar. Die Anwendung eines Rechenschiebers oder Taschenrechners erscheint deshalb wünschenswert.

178 Kinder wurden 258x unter der Indikation Trauma durchschallt; dabei wurde 72x (27,9%) basal eine Mittelechoverschiebung ≧ o,5 mm festgestellt. Im Gesamtkollektiv lag dieser Wert bei 18,6% und damit um nahezu 1o% tiefer. Auffallend ist die Zunahme der Werte ≦ 2 mm von 15% auf 21,3%. Dies dürfte zwei Gründe haben:

a) Zum einen wurden natürlich die Kinder, die eine Mittelechoverschiebung aufwiesen eher einer Kontrolluntersuchung unterzogen als die anderen Kinder. Dies läßt sich bei einer Nachkontrolle der Befunde bestätigen; wird nämlich pro Kind nur noch ein Wert für die Mittelechoverschiebung zur statistischen Berechnung herangezogen (und zwar der größte), so beträgt der Unterschied bei den Mittelechoverschiebungen ≦ 2 mm zwischen Gesamt- und Traumakollektiv nur noch ca. 2,5%.

b) Zum andern läßt sich eine morphologische Veränderung im Gehirn, die mit einer Mittelechoverschiebung einhergeht, als Folge des Traumas nicht ausschließen. Gerade in solchen Fällen steht unter Umständen eine leichte Mittelechoverschiebung am Anfang einer immer stärker zunehmen-

den Symmetrieveränderung (z.B. infolge einer intracraniellen Blutung), was auch in unserem Patientengut einige Male vorkam. Es versteht sich von selbst, daß das Außerachtlassen einer leichten Mittelechoverschiebung in einem solchen Falle fatale Folgen haben kann. Die Kenntnis einer physiologischen Mittelechoverschiebung (z.B. nach links) kann dann von ausschlaggebender Bedeutung sein, wenn sie von einer traumatisch erzeugten Mittelechoverschiebung nach rechts überlagert wird. Die Mittelechobestimmung ergibt dann natürlich einen kleineren Wert für die Abweichung nach rechts als es der tatsächlichen Raumforderung entspricht.

Aus all diesen Tatsachen leiten wir die Forderung ab, v.a. nach Traumen auftretende Mittelechoverschiebungen auch im Bereich ≤ 2 mm aufmerksam zu kontrollieren.

Um dies tun zu können, sollte die Mittelechobestimmung bilateral synchron erfolgen. Dies geht eindringlich aus den Werten in Tabelle 8 und ihrer statistischen Kontrolle hervor. Der Unterschied zwischen bilateral synchroner und unilateraler Beschallung ist für Werte ≤ 2 mm hochsignifikant ($p < 0{,}001$). Die Tatsache, daß selbst bei größeren Mittelechoverschiebungen (> 2 mm) die bilateral synchrone Durchschallung der unilateralen überlegen ist (der Unterschied ist mit $p < 0{,}01$ statistisch noch signifikant), kann dadurch erklärt werden, daß ein Großteil der Mittelechoverschiebungen > 2 mm sich im Bereich von 3 mm bewegen (siehe dazu Tabelle 7).

Der von uns ermittelte Wert von 27,9% Mittelechoverschiebung $\geq 0{,}5$ mm bei kindlichen Schädel-Hirn-Traumen nimmt in der Literatur eine Mittelstellung ein. Geletneky 1965 erhielt in einer entsprechenden Arbeit in 16,2% (37 Taumen) eine Mittelechoverschiebung; er weist auf die beim Kind vorhandene ausgeprägte generalisierte Ödembereitschaft hin, die häufig trotz Hirndrucks keine Mittelechoverschiebung nach sich zieht. Schiefer und Kazner 1966a erhielten in 31,5% (469 Traumen) eine durchschnittliche Mittelecho-

verschiebung um 3,1 mm; ebenso Schiefer und Kazner 1966b in 26,3% (6oo Traumen) sowie Kazner und Schiefer 1966a in 37,5% (314 Traumen).

Ein Vergleich der Gesamtechobefunde der drei Kollektive (Tabellen 9, 12 und 19) zeigt, daß im CT-Kollektiv erwartungsgemäß mit 25,1% am wenigsten Normalbefunde vorhanden sind. Immerhin hinterließen 61,3% unter der Indikation Schädel-Hirn-Trauma durchgeführten EchoEG keine pathologischen Veränderungen; ein Wert, der deutlich über dem des Gesamtkollektivs (37,8%) liegt. Distel et al. 1969 erhielten in 1576 Untersuchungen 714 Normalbefunde (45,3%); allerdings ist der Normbereich im Vergleich zur vorliegenden Arbeit deutlich erweitert, was vielleicht den größeren Anteil der Normalbefunde erklärt.

Vergleicht man die Ursachen, die zur Klassifizierung sicher pathologisch geführt haben im Gesamt- und Trauma-Kollektiv (Tabellen 1o und 13), so erkennt man ein deutliches Ansteigen der Mittelechoverschiebungen > 2 mm mit oder ohne Ventrikelerweiterung von ca. 1o% auf 21,9%. Auffallend ist der im Trauma-Kollektiv mit 78% immer noch sehr hohe Anteil der Ventrikelerweiterungen in der Gruppe der sicher pathologischen Befunde, der zwei Ursachen haben könnte: Zum einen ist eine bereits vor dem Trauma vorhandene aber nicht erkannte Ventrikelerweiterung denkbar. Zum andern kann nach Traumen eine verstärkte Liquorproduktion mit nachfolgender Ventrikelerweiterung auftreten. Absolut gesehen beträgt der Anteil der Echos mit Ventrikelerweiterungen im Trauma-Kollektiv aber nur 13,6% (35 von 258 EchoEG).

Weder im Gesamt- noch im Trauma-Kollektiv läßt sich ein Zusammenhang zwischen der Erweiterung des 3. Ventrikels und der Seitenventrikel erkennen. Am häufigsten sind die Seitenventrikel erweitert, der 3. Ventrikel aber normal (43% bzw. 31,7%). Auch isolierte Erweiterungen des 3. Ventrikels kommen relativ häufig vor (16,6% bzw.26,8%). Diese

Beobachtung stimmt mit der von Hanson et al. 1975 sowie Greitz et al. 1971 überein, die eine sehr geringe Korrelation zwischen der Weite des 3. Ventrikels und der Seitenventrikel feststellten.

Distel et al. 1969 erhielten in ihrer Erhebung für die Erweiterung des 3. Ventrikels mit und ohne Beteiligung der Seitenventrikel praktisch die gleichen Ergebnisse wie wir (32,1%; 16,8%; siehe Tabelle 1o). Eine isolierte Erhöhung des HMI (> 2,3) liegt bei ihnen jedoch nur in 5,6% vor, bei uns aber in 43,o%. Dies könnte daran liegen, daß unsere Erhebung HMI und CMI berücksichtigt, ihre dagegen nur den HMI. Der CMI wurde ja bereits als der empfindlichste Indikator von Ventrikelerweiterungen dargestellt. Weiterhin ist die Methodik ihrer Arbeit nicht erkennbar, so daß ein Vergleich nur bedingt möglich erscheint; die Summe entsprechender Werte ergibt bei weitem nicht 1oo%. Mittelechoverschiebungen > 2 mm werden bei Distel et al. 1969 in 5,4% der Fälle festgestellt.

C) Diskussion der Ergebnisse aus IV) B) und IV) A) 3) g)

Im folgenden werden die Ergebnisse des CT-Kollektivs diskutiert. 57,6% der Kinder waren echoencephalographisch als sicher pathologisch befundet worden (Tabelle 19). Dies stimmt sehr gut überein mit der computertomographischen Befundung (Tabelle 2o). Sie ergibt nämlich in 57,o% auffällige oder pathologische Befunde. Von daher scheint die Unterteilung in die Bewertungen sicher bzw. grenzwertig pathologisch durchaus sinnvoll, zumal bei leichten echoencephalographisch nachgewiesenen Ventrikelerweiterungen (Kapitel IV) C) Gruppe III) die Übereinstimmung mit dem Computertomogramm schlecht ist. Gerade diese Fälle sind dann aber in der Gruppe der sicher pathologischen Befunde nicht vertreten.

Paxton and Ambrose 1974 erhielten an 65o computertomographisch untersuchten Patienten 69,1% pathologische Befunde. Jensen et al. 1977 ermittelten an 197 Kindern 66,8% pathologische Befunde, Collard et al. an 468 Patienten 63% pathologische Befunde und Rothenberger und Aschoff 1977 in 51,2% pathologische oder auffällige Befunde (447 Kinder). Damit nimmt unser Ergebnis eine Mittelstellung ein. Das Krankengut stimmt mit dem der letztgenannten Autoren (Rothenberger und Aschoff) gut überein, weist jedoch gegenüber dem Krankengut der erstgenannten Autoren einen überdurchschnittlich hohen Anteil an Hydrocephali auf. Ein Vergleich ist deshalb nur bedingt möglich.

D) Diskussion der Ergebnisse aus IV) C)

Im folgenden werden die Ergebnisse aus dem Vergleich echoencephalographischer und computertomographischer Befunde im CT-Kollektiv diskutiert.

In 148 von 23o Befundpaaren (64,3%) bestand Übereinstimmung zwischen echoencephalographischer und computertomographischer Beurteilung (Tabelle 22 Gruppe I und II).

36 Kinder (15,6%) (Tabelle 22 Gruppe III) wiesen echoencephalographisch eine leichte Ventrikelerweiterung auf, die computertomographisch nicht diagnostiziert wurde. Hanson et al. 1977 bestimmten die Ventrikelweiten mit drei Methoden; dabei fanden sie eine gute Übereinstimmung ($\geq$ o,8) für die Echoencephalographie und Pneumencephalographie, sowohl für den 3. Ventrikel als auch für die Seitenventrikel. Die computertomographisch bestimmten Werte ergaben im Bereich der Seitenventrikel eine gute, im Bereich des 3. Ventrikels eine schlechte Übereinstimmung mit beiden anderen Methoden. Sie folgerten, die Computertomographie sei meist zur Beurteilung des 3. Ventrikels weniger geeignet, da dieser im allgemeinen zu schmal ist. Inzwischen hat sich die Situation insofern geändert, als mit Einführung der 128 x 128 Matrix die Auflösegenauigkeit von 3 mm (bei einer 8o x 8o Matrix) auf 1,9 mm erhöht werden konnte. Gawler et al. 1976 kamen zu einem ähnlichen Ergebnis; so waren in 67,2% von 78 untersuchten Patienten die computertomographisch und pneumencephalographisch gemessenen Ventrikelweiten identisch; häufig waren die computertomographischen Werte geringer als die pneumencephalographischen. Eine entsprechende Beobachtung machten auch wir, so daß in Gruppe III leichte echoencephalographisch bestimmte Ventrikelerweiterungen computertomographisch unauffällig begutachtet wurden.
Die Ursachen für diese Diskrepanz können u.a. in zwei Faktoren gesehen werden. Zum einen liegt der Schwerpunkt einer computertomographischen Untersuchung nie in der exakten, millimetergenauen Beurteilung des Ventrikelsystems,

es sei denn, dies sei ausdrücklich verlangt worden. Zum andern bliebe der Versuch einer exakten Beurteilung immer mit einem gewissen technisch bedingten Unsicherheitsfaktor belastet. Nach Linke 1977 kann nämlich die Auflösungsgrenze eines Computertomographen niemals höher als die Bildpunktgröße sein. Diese liegt aber beim Siretom 1 bei 1,9 x 1,9mm, d.h. jede Ventrikelweitenmessung ist mit einem Unsicherheitsfaktor von 1,9 mm behaftet.
Die Tatsache, daß Ventrikel computertomographisch eher zu klein als zu groß beurteilt werden, findet ihre Begründung darin, daß die meisten Untersucher die Ventrikelgrenze dort annehmen, wo das Oszillographen- oder Polaroidbild eine erste Veränderung in der Graustufe erfährt. Der Ventrikelanteil dieses Bildpunktes wird dadurch unterschlagen und vollständig als Hirnsubstanz interpretiert. Diese technisch bedingte Unzulänglichkeit wird jedoch mit Einführung höchstauflösender Geräte mit einer 512 x 512 Matrix immer unbedeutender. Zur Zeit wirkt sich dieses Faktum v.a. bei normalen oder leicht erweiterten, dagegen kaum bei stark erweiterten Ventrikeln aus.
Unter Berücksichtigung all dieser Tatsachen und der Ergebnisse von Hanson et al. 1975 und Gawler et al. 1976 erscheint uns - zumindest zum gegenwärtigen Zeitpunkt - die Echoencephalographie zur Bestimmung normaler bis leicht erweiterter Ventrikel geeigneter. Hinzu kommt, daß zahlreiche Autoren (Kazner et Schiefer 1966 b, Fliege et al. 1968, Krüger et al. 1968, Sjögren 1965, Sjögren et al. 1968, Hanson et al. 1975, Jakobi et al. 1966, Umbach et al. 1965, Betz et al. 1967) eine nahezu vollständige Übereinstimmung zwischen echoencephalographisch und pneumencephalographisch bestimmten Ventrikelweiten gefunden haben. Auch ist es Schiefer und Kazner 1967 gelungen, echoencephalographisch bestimmte Ventrikelweiten im Sektionspräparat zu bestätigen.

Die Schwierigkeiten der Computertomographie in der Beurteilung von Veränderungen, die im Bereich weniger Millimeter liegen und eine normale Absorption zeigen, werden nicht nur bei leichten Ventrikelerweiterungen, sondern auch

bei geringfügigen Mittellinienverschiebungen (bis 2,5 mm) deutlich. 77 Kinder (43,5%) wiesen echoencephalographisch eine Mittellinienverschiebung auf, die 67x allerdings 2,5 mm nicht überschritt und computertomographisch als mittelständig beurteilt wurde. Dagegen konnten computertomographisch bestimmte Mittellinienverschiebungen in allen Fällen echoencephalographisch bestätigt werden.
Die Fähigkeit, Mittellinienverschiebungen echoencephalographisch mit höchster Genauigkeit nachzuweisen, ist in der Literatur unbestritten. Die Fehlerbreite schwankt zwischen 0% bei Lithander 1961 sowie Schiefer et al.1963 und 16% bei Jefferson 1962. Friedmann et al. 1964 geben 1o,7% an, Lapayowker et al. 1965 bis 13%. Die Schwierigkeit, Symmetrieverhältnisse im Computertomogramm auch bei leichten Abweichungen exakt beurteilen zu können, liegt im Gegensatz zur Beurteilung leichter Ventrikelerweiterungen nicht im technischen Prinzip der Absorptionsmessung begründet, sondern darin, daß bei Routinefällen zur Beurteilung ein Polaroidphoto verwandt wird. Dies ist aber auf ca. 1:3,5 verkleinert und macht die Beurteilung einer Symmetrieverschiebung, welche in Originalgröße vielleicht nur 2,5 mm beträgt, außerordentlich schwierig. Daß dies allerdings nicht unmöglich ist, konnte durch Nachmessen der Polaroidbilder bewiesen werden. Trotzdem erscheint das Polaroidbild zur Beurteilung leichter Symmetrieveränderungen ungeeignet. Diese können nur durch Ausmessen des Oszillographenbildes, das die Verhältnisse in nahezu normaler Größe wiedergibt, erkannt werden.
Hinzu kommt, daß bei leichter Verkanntung des Kopfes Mittellinienverlagerungen vorgetäuscht oder verwischt werden können.

Die Gruppen IV und V (Tabelle 22) ergeben zusammen 27% der Kinder. Die computertomographisch gestellten Diagnosen sind in vier Gruppen unterteilt und in Tabelle 23 dargestellt. Bei den Kindern 1-7 lag eine zum computertomographischen Befund korrespondierende Veränderung im Echoencephalogramm vor. Kind 2 erzeugt beispielsweise eine deutliche

Mittelechoverschiebung nach links (9 mm), Kind 6 eine Ventrikelerweiterung (1o mm). Hier war zwar das Echoencephalogramm nicht in der Lage, die pathologische Veränderung selbst, wohl aber deren Folgeerscheinungen, wie Ventrikelerweiterung oder Mittellinienverschiebungen zu diagnostizieren und damit weitere diagnostische Maßnahmen einzuleiten. Die Kinder 1-4 machen die Bedeutung der Echoencephalographie für die Feststellung supradentorieller Massenverschiebungen deutlich. Dies ist schon seit langem von zahlreichen Autoren betont worden (Braak et al. 1961, Friedmann et Thun 1964, Gordon 1958, Gordon 1959, Jefferson 1962, Jeppsson 196o, Jeppsson 1961, Leksell 1955/56, Lithander 196o, Lithander 1961, Schiefer et al. 1963).

Von den 23o Befundpaaren lassen sich 191 (83,o%) EchoEG-Befunde a) durch den CT-Befund bestätigen (Gruppe I und II), b) sind mit großer Wahrscheinlichkeit richtig (Gruppe III) oder geben c) einen indirekten Hinweis auf eine pathologische Veränderung (Gruppe A).

Folgende Fragen, die im Zusammenhang mit der Bewertung beider Verfahren aufgetreten sind, sollen nun beantwortet werden:

1) Wie stark korrelieren EchoEG und CT?
   In 155 Fällen (67,4%) besteht eine direkte (Gruppe I und II aus Tabelle 22) oder indirekte (Gruppe A aus Tabelle 23) Übereinstimmung zwischen EchoEG und CT.

2) Wie hoch ist die Treffsicherheit des EchoEG?
   Sie beläuft sich in unserem Patientengut auf 83,o%.

3) Wie oft ergab das EchoEG einen im Vergleich zum CT falsch negativen Befund?
   Die Gruppen B, C und D enthalten die Kinder mit pathologischen CT-Befunden, die dem EchoEG entgangen sind (17%).

4) Wie oft ergab das EchoEG einen im Vergleich zum CT falsch positiven Befund?
   Infrage kommen hier theoretisch die Befunde aus Gruppe III. Hier liegt jedoch - wie bereits ausgeführt - mit großer

Wahrscheinlichkeit eine technisch bedingte Fehlinterpretation des CT vor, so daß keine falsch positiven echoencephalographischen Befunde in unserer Population vorgekommen sind.

5) Wie oft war das EchoEG durch die vorliegende pathologische Veränderung überfordert?
Dies trifft für das vorliegende Krankengut in 2o Befunden (8,7%) zu (Gruppe B).

6) Wie oft wurden die diagnostischen Möglichkeiten des EchoEG nicht ausgeschöpft?
Dies war in 2 (Nr. 28 und 29 Tabelle 23) bis maximal 19 Befunden (8,3%) (Nr. 28 - 46) gegeben, je nachdem, ob man die diagnostischen Grenzfälle aus Gruppe D als echoencephalographische Fehlinterpretation rechnet oder nicht.

E) Konsequenzen für die Anwendung beider Untersuchungsmethoden

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen deutlich, daß die Echoencephalographie auch nach Einführung der Computertomographie in der neuropädiatrischen Praxis weiterhin ihre Bedeutung haben wird. Sie muß in der Kette der diagnostischen Maßnahmen bei hirnpathologischen Prozessen relativ früh zum Einsatz kommen. In Abhängigkeit von der klinischen Symptomatik wird das Ergebnis der Echoencephalographie dann die Entscheidung beeinflussen, ob eine CT-Untersuchung nötig ist oder nicht. Neben dem Vorzug der schnell, wenig kostenaufwendig und leicht durchzuführenden Routinemethode hat sie einige besondere Indikationsbereiche:

1) Vorfelddiagnostik bei mit Mittellinienverschiebung einhergehenden hirnpathologischen Prozessen. Die Prozesse selbst (Blutungen, Tumoren, Hirnödeme, Hirnatrophien) werden in der Regel nicht oder nur selten direkt nachgewiesen, während die daraus folgenden Verschiebungen der Mittellinienstrukturen mit hoher Sicherheit nachgewiesen werden können.

2) Vorfelddiagnostik bei mit Ventrikelerweiterung einhergehenden hirnpathologischen Prozessen. Hierbei können kleine Erweiterungen teilweise mit EchoEG bislang besser als mit CT erfaßt werden.

3) Verlaufsbeobachtung bei computertomographisch gesicherten pathologischen Prozessen, die mit Mittellinienverschiebung und/oder Ventrikelerweiterung einhergehen. Hierbei können bei bekanntem CT sofern notwendig die mit dem EchoEG nachgewiesenen Strukturen bestimmten Hirnstrukturen exakt zugeordnet und ihre Lageänderung im Verlauf verfolgt werden.

Auf allen anderen Gebieten ist die Computertomographie in der Regel überlegen. Da durch die gezielte Weiterentwicklung der CT das Auflösungsvermögen der Geräte laufend

zunimmt, werden in absehbarer Zeit die oben genannten Fragestellungen vom Computertomographen genauso gut beantwortet werden können. Die Echoencephalographie wird allerdings immer die weniger aufwendige und unschädlichere Methode bleiben und deshalb ihren Platz in der Klinik behalten.

VI) Zusammenfassung

2 649 an der Universitätskinderklinik Tübingen durchgeführten Echoencephalogramme wurden ausgewertet, die erhobenen Befunde dargestellt und mit den unter der Indikation Schädel-Hirn-Trauma durchgeführten echoencephalographischen Befunden verglichen.

25o Kinder wurden computertomographisch und echoencephalographisch untersucht, die Befunde wurden verglichen und die Bedeutung der Echoencephalographie für die craniale Diagnostik auch nach Einführung der Computertomographie hervorgehoben.

Folgende Ergebnisse sind von besonderer Bedeutung:

1) Mittelechoverschiebungen ≦ 2 mm sind unter Umständen nicht mehr physiologisch bedingt und deshalb in Abhängigkeit von der klinischen Symptomatik kontrollbedürftig.

2) Bei der Bestimmung des Mittelechos ist die beidseitig synchrone Beschallung der einseitigen überlegen.

3) Ventrikelerweiterungen sind meist generalisiert, aber im Bereich der pars centralis der Seitenventrikel besonders stark ausgeprägt.

4) Die Bedeutung des CMI und HMI für die Erkennung eines Hydrocephalus liegt deutlich über der Weite des 3. Ventrikels.

5) Die echoencephalographischen und computertomographischen Befundpaare werden in fünf Gruppen eingeteilt. Dabei ergibt sich 155x (67,4%) eine Übereinstimmung zwischen beiden Methoden.

6) Die Computertomographie ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt bei der Beurteilung leichter Ventrikelerweiterungen der Echoencephalographie nicht ganz ebenbürtig.

7) Die Computertomographie erscheint zur Beurteilung leichter Symmetrieveränderungen (bis 2,5 mm) - zumindest unter Verwendung von Polaroidbildern - weniger geeignet.

VII) Literatur

Arnold, H. / Voitsberger, P.: Zur Kombination von Echoencephalographie und EEG in der Hirntumordiagnostik. In: Zbl. Neurochir. 32 (1971), 149-154.

Baker, H.L.jr. / Campbell, J.K. / Houser, D.W. / Reese, D.F./ Sheedy, P.F. / Holmann, C.B.: Computer Assisted Tomography of the Head- An early Evaluation. In: Mayo Clinic Proceedings 49 (1974), 17-27.

Ballantine, H.T. / Ludwig, G.D. / Bolt, R.H. / Hueter, T.F.: Ultrasonic Localisation of the Cerebral Ventricles. In: Trans. Amer. neurol. Ass. 75 (195o), 38-41.

Betz, H. / Huber, G.: Zur Frage der Korrelierbarkeit von echoencephalographischen und pneumencephalographischen Befunden. (Vortrag a.d. 1. Internat. Sympos. f. Echoencephalographie) Erlangen 1967.

Braak, J.W.G.Ter. / Crezée, P. / Grandia, W.A.M. / Vlieger de, M.: The Significance of some Reflections in Echo-Encephalographie. In: Acta Neurochir. (Wien) 9 (1961), 382-397.

Collard, M. / Dupont, H. / Noel, G.: Ere nouvelle de la neuroradiologie: la tomographie axiale transverse computérisée. T.A.T.C. (Emi Scanner) et ses indications. In: J.Radiol. Electrol. 56 (1975), 453-469.

Distel, L. / Neuhäuser, G. / Schuch, A.: Echoencephalographie im Kindesalter. In: Fortschritte d. Med. 87 (1969), 98-1oo.

Donald, I. / MacVicar, J. / Brown, T.G.: Investigation of Abdominal Masses by Pulsed Ultrasound. In: Lanced 1958 I, 1188-1194.

Dussik, K.T.: Über die Möglichkeit, hochfrequente mechanische Schwingungen als diagnostisches Hilfsmittel zu verwerten. In: Z. ges. Neurol. Psychiatr. 174 (1942), 153-168.

Dussik, K.T. / Dussik, F. / Wyt, L.: Auf dem Wege zur Hyperphonographie des Gehirns. In: Wien. med. Wschr. 97 (1947), 425-428.

Dussik, K.T.: Ultraschalldiagnostik, insbesondere bei Gehirnerkrankungen, mittels Hyperphonographie. In: Z. phys. Ther. 1 (1948), 14o-145.

Dyck, P. / Kurze, Th. / Barrows, H.: Intra-opperative Ultrasonic Encephalography of cerebral Mass Lesions. Bull. In: Los Angeles neurol. Soc. 31 (1956), 114-124.

Fliege, K. / Backmund, H. / Feuerlein, W.: Probleme und Ergebnisse bei der vergleichenden Messung des 3. Ventrikels durch Echoencephalographie und Pneumencephalographie. In: Arch. Psychiat. Nervenkr. 211 (1968), 333-342.

French, L.A. / Wild, J.J. / Neal, D.: Detection of cerebral Tumors by Ulrasonic Pulses. Pilot Studies of postmortem Material. In: Cancer (Philad.) 3 (195o), 7o5-7o8.

French, L.A. / Wild, J.J. / Neal, D.: The experimental Application of Ultrasonics to the Localisation of Brain Tumors. In: J. Neurosurg. 8 (1951), 198-2o3.

Friedmann, G. / Thun, F.: Zuverlässigkeit und Fehlermöglichkeiten der Echoencephalographie bei supradentoriellen raumfordernden Prozessen. In: Medizinische Welt 5o 1964, 689-696.

Gawler, J. / Du Boulay, G.H. / Bull, J.W.D. / Marshall, J.: Computerized Tomography: A Comparison with Pneumencephalography and Ventriculography. In: J. of Neurol., Neurosurg. and Psychiat. 39 (1976), 2o3-211.

Geletneky, C.L.: Echoencephalographie im Säuglings- und Kindesalter. In: Acta Neurochir. (Wien) 13 (1965), 579-581.

Geletneky, C.L.: Echoencephalographie bei cerebralen Erkrankungen im Säuglings- und Kindesalter. In: Acta Radiol. (Stockh.) 5 (1966), 779-785.

Gordon, D.: Echoencephalographie. In: Rev. neurol. 99 (1958), 652-653.

Gordon, D.: Echoencephalographie: Ultrasonics Rays in Diagnostic Radiology. In: Brit. Med. J. 1959 I, 15oo-15o4.

Greitz, T. / Grepe, A.: Echoencephalography in the Diagnoses of convexity Block Hydrocephalus. In: Acta Radiol. Diagnosis 11 (1971), 232-242.

Gütner, W. / Fiedler, G. / Pätzold, F.: Über Ultraschallabbildungen am menschlichen Schädel. In: Acustica (Zürich) 2 (1952), 148-156.

Gütner, W.: Betrachtungen zur Möglichkeit der Ultraschallabbildung am menschlichen Schädel. In: Ultraschall in Med. 6 (1953), 199-2o2.

Hanson, J. / Levander, B. / Liliequist, B.: Size of the intracerebral Ventricles as Measured with Computertomography, Encephalography and Echoventiculography. In: Acta Radiol. (Suppl.) (Stockh.) 1975, 98-1o6.

Hill, K.R.: The EMI Scanner: Technical Aspects. In: Brit. J. Hosp. Med. (Suppl.) 1974, 5.

Hill, K.R. / Joyner, P.W.: Computerized X-ray Tomography. In: SCI. Prog., Oxf. 62 (1975), 237-262.

Hopmann, H. / Kazner, E. / Kollmannsberger, A.: Zur Diagnostik von Hirntumoren: Treffsicherheit der ambulant durchführbaren Zusatzuntersuchungen. In: Münch. Med. Wschr. 115 (1973), 1119-1124.

Hounsfield, G.N.: Computerized transverse axial Scanning (Tomography): Part I: Description of System. In: Brit. J. Radiol. 46 (1973), 1o16-1o22.

Jakobi, G. / Schuch, P.: Echoencephalographie und ihre Ergebnisse bei Kindern. In: Pädiatr. Praxis 5 (1966), 433-443.

Jefferson, A.: Clinical Experiences with Echoencephalography. In: Acta Neurochir. (Wien) 1o (1962), 392-4o9.

Jensen, H.P.: Computertomographie. In: Doose, H.: Aktuelle Neuropädiatrie, Thieme Verlag Stuttgart, 1. Aufl. 1977, 182-199.

Jeppsson, St.: Echoencephalography III: Further Studies on the Sources of the Midlineecho and clinical Evaluation. In: Acta Chir. Scand. 129 (196o), 455-462.

Jeppsson, St.: Echoencephalography IV: The Midlineecho; an Evaluation of its Usefullness for intracranial Expansivities an Investigation into its Surces. In: Acta Chir. Scand. Suppl. 272 (1961), 1-151.

Jerva, M.J. / Randolph, R.: Non-Invasive Diagnosis of Brain Tumors. In: Proceedings of the Institut of Medicine of Chicago 3o (1975) Nr.9, 28o-281.

Kazner, E. / Schiefer, W.: Echoencephalographische Untersuchungsergebnisse bei Schädel-Hirnverletzungen. In: Acta Radiol. (Stockh.) 5 (1966), 832-842.

Kazner, E. / Schiefer, W.: Die Echoencephalographie bei raumfordernden Prozessen der hinteren Schädelgruppen. In: Acta Neurochir. 14 (1966), 177-196.

Kazner, E. / Kunze, St. / Schiefer, W.: Echoencephalography as an Aid to the Diagnosis of Space-Occupying Lessions in the Posterior Fossa by Measuring the Size of the Third an Lateral Ventricles. In: J.Neurosurg. 26 (1967), 511-52o.

Kazner, E. / Hopmann, H.: Possibilities and Reliability of Echoventriculography. In: Ultrasound in Med. and Biol. 1 (1973), 17-32.

Kazner, E. / Lanksch, H. / Steinhoff, H. / Wilske, J.: Die axiale Computertomographie des Gehirnschädels - Anwendungsmöglichkeiten und klinische Ergebnisse. In: Fortschr. Neurol. Psychiat. 43 (1975), 487-574.

Kazner, E. / Lanksch, H. / Steinhoff, H.: Cranial Computerized Tomography in the Diagnosis of Brain Disorders in Infants and Children. In: Neuropädiatrie 7 (1976), 136-174.

Krüger, H. / Zumpe, V. / Veltin, A.: Zur Validität der Echoencephalographie der inneren Liquorräume. In: Nervenarzt 39 (1968), 8o-82.

Láhoda, F. / Lund, J.: UEG-Fibel: Ein Leitfaden für die Ultraschall-Echoencephalographie. Johann Ambrosius Barth Verlag München, 1.Aufl. 1971.

Lapayowker, M.S. / Christen, G.E.: Echoencephalography in general Hospital Practise. In: Amer. J. Röntgenol. 93 (1965), 8o3-81o.

Leksell, L.: Behandling av akuta skallskador och deras följdtillstand. Kirurgisk Behandling. In: Nord. Med. 54 (1955), 1444.

Leksell, L.: Echoencephalography I: Detection of Intracranial Complicationes Following Head Injury. In: Acta Chir. Scand. 11o (1955/56), 3o1-315.

Leksell, L.: Echoencephalography II: Midlineecho from the Pineal Body as an Index of Pineal Displacement. In: Acta Chir. Scand. 115 (1958), 255-259.

Lindgren, E.: Computertomography of Brain Lessions. In: Acta Radiol. Suppl. 346 (1975).

Linke, G.: Technische Grundlagen der Computertomographie. In: Sonderdruck aus Röntgenpraxis 1977, Heft 7.

Lithander, B.: Origin of Echos in the Echoencephalogram. In: J.Neurol. Neurosurg. Ichiat. 24 (1961), 22-31.

McAfee, J.G. / Taxdal, D.R.: Comparison of radioisotopic Scanning with cerebral Angiography and Air Studies in Brain Tumor Localisation. In: Radiology 77 (1961), 2o7-222.

Müller, H.R. / Wüthrich, R. / Hünig, R. / Elke. M. / von Hochstetter, A.: A graphical reporting System for Computerized Actial X-ray Tomography. In: Europ. Neurol. 11 (1974), 197-2o7.

New, P.F.J. / Scott, W.R. / Schnur, J.A. / Davis, K.R. / Taveras, J.M.: Computerized Axial Tomography with the EMI Scanner. In: Radiology 11o (1974), 1o9-123.

Paxton, R. / Ambrose, J.: The EMI Scanner: A brief Review of the first 65o Patients. In: Brit. J. of Radiol. 47 (1974), 53o-565.

Perry, B. / Bridges, C.: Computerized Transverse Axial Scanning. Part 3. Radiation Dose Considerations. In: Brit. J. Radiol. 46 (1973), 1o48-1o51.

Persson, A. / Wennberg, A. / Widén, L.: Experiences with Echoencephalography in Combination with EchoEG. Recent Advances in Clinical Neurophysiology. In: Electroenceph. Clin. Neurophysiol. Suppl. 25 (1967), 194-2o2.

Pia, H.W. / Geletneky, C.L.: Echoencephalographie. Thieme Verlag Stuttgart, 1. Aufl. 1968.

Planiol, Th.: L'écho-encéphalographie dans la détection des néoformations intracraniennes. In: Neurochir. 13 (1967), 19-22.

Ramsey, R.G.: Computertomographie des Gehirns. Thieme Verlag Stuttgart, 1. Aufl. 1978.

Rothenberger, A. / Aschoff, C.: Die craniale axiale Computertomographie. In: Der Kinderarzt 1977, 1181-1185, 1336-1342, 1522-1528.

Sandok, B.A. / Reiher, J. / Whisnant, J.P.: Combined Electroencephalography-Sonencephalography in neurological Diagnosis. In: Electroenceph. Clin. Neurophysiol. 26 (1969), 111-112.

Schiefer, W. / Kazner, E. / Brückner, H.: Die Echoencephalographie, ihre Anwendungsweise und klinischen Ergebnisse. In: Fortschr. Neurol. Psychiat. 31 (1963), 457-491.

Schiefer, W.: Echoencephalographie. In: Acta Neurochir. (Wien) 13 (1965), 576-578.

Schiefer, W. / Kazner, E. / Kunze, St.: Ergebnisse der Echoencephalographie bei supratentoriellen Geschwülsten. In: Zentbl. Neurochir. 26 (1965), 281-295.

Schiefer, W. / Kazner, E.: Methodik und diagnostische Möglichkeiten der Echoencephalographie. In: Fortschr. Med. 84 (1966), 151-154.

Schiefer, W. / Kazner, E. / Kunze, St.: Möglichkeiten und Grenzen der Echoencephalographie bei Schädel-Hirn-Traumen. In: Dtsch. Ärztebl. 63 (1966), 2645-2648, 2719-2722, 2777-2794.

Sjögren, J.: Echoencephalography in infantile Hydrocephalus. In: Acta Pädiat. Scand. Suppl. 159 (1965), 174.

Sjögren, J. / Bergström, K. / Ladin, H.: Echoencephalography in Infants and Children. Comparisation with cerebral Pneumencephalography in Measuring Ventrikular Size. In: Acta Radiol. Suppl. 278 (1968).

Sugar, O. / Uematsu, S.: The Use of Ultrasound in the Diagnosis of intracranial Lessions. In: Surg. Clin. N. Amer. 44 (1964), 55-64.

Tanaka, K. / Kikuchi, Y. / Uchida, R.: Detection of intracranial anatomical Abnormalities by Ultrasound. In: J. Acoust. Soc. Jap. 8,2 (1952), 111-112.

Tayler, J.C. / Newell, J.A. / Karvounis, P.: Ultrasonics in the Diagnosis of intracranial spaceoccupying Lessions. In: Lancet 1 (1961), 1197-1199.

Umbach, W. / Kley, M.: Untersuchungen mit Ultraschall zur Diagnose und Verlaufskontrolle des kindlichen Hydrocephalus. In: Dt. Med. Wschr. 90 (1965), 1313-1315.

Vlieger de, M. / Ridder, H.J.: Use of Echoencephalography. In: Neurology (Minneap.) 9 (1959), 216-223.

Vlieger de, M. / Ridder, H.J.: Some Correlations between the Results of Echoencephalography and Electroencephalography. In: Electroenceph. Clin. Neurophysiol. 23 (1967), 495-496.

Vlieger de, M. / Lange de, S.A. / Gersie, E.: Combined Results of Electro- and Echoencephalography in the Diagnosis of cerebral Tumors. In: Acta Neurochir. (Wien) 21 (1969), 1-1o.

Wang, Y.: Accuracy of Brain Scanning: Comparision with other Procedures for Brain Tumor Detection. In: Acta Radiol. (Stockh.), Diagnosis 9 (1969), 645-649.

Wilcke, O.: Die Bedeutung der Szintigraphie im Rahmen der neurochirurgischen Tumordiagnostik. In: Acta Neurochir. (Wien) 23 (197o), 285-295.

Für die Überlassung des Themas und die stets freundliche Förderung der Arbeit danke ich Herrn Prof.Dr. Michaelis und Herrn Dr. Scheying.

Herrn Priv.Doz.Dr. Aschoff von der Neurologischen Klinik Dietenbronn, Herrn Prof.Dr. Schmidt und Herrn Dr. Sattlegger von der Neurologischen Fachklinik in Rottenmünster/Rottweil danke ich für die Bereitstellung von computertomographischen Krankenakten.

Ferner danke ich dem Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York und dem Thieme Verlag Stuttgart für die Genehmigung zur Übernahme der Abbildungen 2 und 3.

Lebenslauf

Am 6.9.1953 wurde ich, Thomas Bruno Lagger, als Sohn des Dipl.-Gewerbelehrers Paul Lagger und seiner Ehefrau Irma, geb. Machau, in Kirchheim/Teck geboren.

Nach vierjähriger Grundschule besuchte ich von 1964 bis 1972 das mathematisch-naturwissenschaftliche Hohenstaufen-Gymnasium in Göppingen und bestand dort am 21.6.1972 das Abitur.

Vom Wintersemester 1972/73 an studierte ich an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen Zahnmedizin. Die naturwissenschaftliche Vorprüfung für Zahnärzte legte ich am 27.9.1973, die zahnärztliche Vorprüfung am 14.4.1975 ab. Das Studium schloß ich am 14.12.1977 in Tübingen mit dem Staatsexamen ab. Seither arbeite ich an der Abfassung meiner Dissertation.